

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
INFORMATIKOS FAKULTETAS  
PRAKTINĖS INFORMATIKOS KATEDRA

Audruolė Kisarauskienė

**Kompiuterinių optikos mokymo programų  
sudarymas ir tyrimas**

Magistro darbas

Darbo vadovas

Doc. Jonas Matickas

Kaunas

2003

# TURINYS

<b>1. ĮVADAS .....</b>	<b>3</b>
<b>2. KOMPIUTERINĖS OPTIKOS MOKYMO PROGRAMOS, JŲ TYRIMAS.....</b>	<b>5</b>
2.1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA .....	5
2.2. KOMPIUTERINIŲ PROGRAMŲ ANALIZĖ.....	6
2.2.1. <i>Lietuviškos fizikos mokymo programos</i> .....	6
2.2.2. <i>Užsienietiškos fizikos mokymo programos</i> .....	6
2.3. PROGRAMOSE ATLIEKAMŲ FUNKCIJŲ APŽVALGA .....	7
2.3.1. <i>Programa MODAS</i> .....	7
2.3.2. <i>Programa OptiCal</i> .....	7
2.3.3. <i>Programa Difrakcijos</i> .....	7
2.3.4. <i>Programa Simulation Optics Bench</i> .....	8
2.3.5. <i>Programa Optical Systems</i> .....	8
2.3.6. <i>Programa Virtualaus universiteto</i> .....	8
2.3.7. <i>Programa Lėšiai</i> .....	8
2.3.8. <i>Programa Fotometrijos mokymas</i> .....	8
2.3.9. <i>Programa Optical Ray Tracer</i> .....	9
2.3.10. <i>Programa Rainbows Phisics</i> .....	9
2.3.11. <i>Programa Our Lens</i> .....	9
2.3.12. <i>Programa Fizika: optika, atomo fizika, virpesiai ir bangos</i> .....	10
2.4. KOMPIUTERINIŲ OPTIKOS MOKYMO PROGRAMŲ APIBENDRINIMAS.....	11
<b>3. PROJEKTINĖ DALIS .....</b>	<b>14</b>
3.1. OPTINĖS SISTEMOS GEOMETRINIS MODELIS .....	14
3.2. REIKALAVIMŲ PROJEKTUOJAMAI SISTEMAI SPECIFIKACIJA .....	24
3.2.1. <i>Funkciniai vartotojo reikalavimai</i> .....	24
3.2.2. <i>Nefunkciniai reikalavimai</i> .....	26
3.3. DUOMENŲ STRUKTŪRA .....	27
3.4. SISTEMOS STRUKTŪRA .....	29
3.5. PROGRAMINIŲ MODULIŲ SPECIFIKACIJOS .....	31
3.6. TESTAVIMO MEDŽIAGA .....	35
<b>4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA.....</b>	<b>37</b>
4.1. SISTEMOS FUNKCINIS APRAŠYMAS .....	37
4.2. SISTEMOS VARTOTOJO VADOVAS .....	37
4.3. SISTEMOS INSTALIAVIMO DOKUMENTAS .....	39
4.4. SISTEMOS ADMINISTRATORIAUS VADOVAS .....	40
<b>5. PRIEMONĖS KOKYBĖS ĮVERTINIMAS.....</b>	<b>41</b>
<b>6. IŠVADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>7. LITERATŪRA.....</b>	<b>45</b>
<b>8. SUMMARY .....</b>	<b>47</b>
<b>9. PRIEDAI.....</b>	<b>48</b>

## 1. ĮVADAS

Visose gyvenimo srityse įsigali informacijos ir komunikacijos technologija. Jos įdiegimas mokykloje yra svarbi šalies švietimo pertvarkos dalis, nuo kurios sėkmės priklausys švietimo reformos klotis, krašto socialinė bei ūkinė pažanga.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1999–2000 metų programoje sakoma: „Tęsimė pradėtą mokyklų kompiuterizavimo programą. Sieksime, kad mokyklose būtų galima naudotis tarptautiniais informacijos šaltiniais...“. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1999 12 28 nutarimu Nr. 1497 „dėl 1999–2000 metų veiklos programos įgyvendinimo priemonių patvirtinimo“, numatyta parengti pateikiamą ugdymo įstaigų kompiuterizavimo programą „Lietuvos mokykla XXI amžiaus informacinėje visuomenėje“ [1]. Nutarime nurodomas *pagrindinis programos tikslas* – skatinti pedagogus ir moksleivius naudoti informacijos technologiją ugdymo procese, aprūpinti mokyklas kompiuterių įranga.

Programai „Lietuvos mokykla XXI amžiaus informacinėje visuomenėje“ (toliau – Programa) parengti Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro įsakymu 1999 11 22 Nr. 1178 buvo sudarytos darbo ir ekspertų grupės, kurios sukūrė „Informacijos ir komunikacijos technologijos diegimo Lietuvos švietime strategiją“ (toliau – Strategija). Ši Programa įgyvendina Strategijos prioritetus.

Programoje atsižvelgiama į rengiamos „Lietuvos informacinės visuomenės plėtros strategijos“ nuostatas. Parengtoji Programa dera su Lietuvos Respublikos Vyriausybės numatytais priemonėmis: Profilinio mokymo įvedimo bendrąjį lavinimą teikiančių mokyklų trečiojoje pakopoje programa (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2000 04 19 nutarimas Nr. 447), investiciniu projektu „Lietuvos švietimo informacinė sistema“ (1999 08 10 įregistruotas Valdymo reformų ir savivaldybių reikalų ministerijoje Nr. 46.1), Lietuvos Respublikos bibliotekų integralios informacijos sistemos (LIBIS) programa (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1996 10 31 nutarimas Nr. 1273), Lietuvių kalbos informacinėje visuomenėje 2000–2006 metų programa (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2000 04 26 nutarimas Nr. 471). Ne mažiau svarbus Programos ryšys su numatytais Švietimo ir mokslo ministerijos antrojo švietimo reformos etapo prioritetais. Programoje atsižvelgiama į Europos Sąjungos valstybių siekius.

Programa apima bendrąjį lavinimą teikiančias institucijas, kuriose mokosi apie 600 tūkstančių moksleivių ir dirba daugiau negu 50 tūkstančių mokytojų.

Šiuo metu kompiuterių įrangos kiekis Lietuvos bendrojo lavinimo vidurinėse mokyklose yra labai nevienodas: turimų kompiuterių skaičius svyruoja nuo 1 iki 51, o

moksleivių ir kompiuterių santykis – nuo 2 iki 1384. Mokyklose yra daug senos ir nenašios technikos. Tik apie ketvirtis kompiuterių yra gana šiuolaikiški (Pentium ir geresni) ir tik apie 15% – su multimedijos įranga. Beveik visi (91%) ugdymui skirti mokyklų kompiuteriai yra įrengti specialiose klasėse. Mokyklos gali naudoti nekomercinių (pvz., Lietuvos akademinio tinklo LITNET, Atviros Lietuvos fondo) arba komercinių (pvz., VIKT, Omnitel, Telecom ir kt.) interneto tiekėjų paslaugas. Telekomunikacijas (elektroninį paštą arba WWW) gali naudoti daugiau negu 90% kompiuterius turinčių Lietuvos bendrojo lavinimo vidurinių mokyklų, tačiau daugelyje jų internetas pasiekiamas perjungiamąja telefoninio ryšio linija ir tik iš vieno mokyklos kompiuterio, todėl realiai globalūs tinklai prieinami tik nedidelei daliai Lietuvos moksleivių ir mokytojų ir ugdymui naudojami labai retai. Pagrindinės priežastys – prasta interneto ryšio kokybė, dideli telefono mokesčiai ir brangus prisijungimas greitai ryšiu bei jo naudojimas.

Tinkamos mokomosios programinės įrangos bei kokybiškų lietuviškų elektroninių informacijos šaltinių trūkumas yra svarbi priežastis, trukdanti veiksmingai integruoti kompiuterius į ugdymą. Sisteminė ir bendrosios paskirties programinė įranga bei daugelis mokomųjų programų dažniausiai yra ne lietuvių kalba. Nepakanka net ir tiksliesiems dalykams mokytis skirtos programinės įrangos (kurios Lietuvos mokyklos turi santykinai daugiau negu gimtajai ir užsienio kalboms bei humanitariniams ir socialiniams dalykams mokytis), o turimos mokomosios programos dažnai yra pasenusios arba nekokybiškos. Lietuvos moksleiviai retai naudojami elektroniniais informacijos šaltiniais: tik maždaug ketvirtadalis moksleivių mokydamiesi mokykloje bent kartą pasinaudoja kompiuterinėmis enciklopedijomis. Daugelio mokyklų bibliotekose nėra nė vieno informaciniams įgūdžiams ugdyti bei katalogams tvarkyti skirto kompiuterio ir tam pritaikytos programinės įrangos.

Daugelis moksleivių išmoksta dirbti su kompiuteriu bei taikomosiomis programomis tik aukštesnėse klasėse ir kompiuteriu gali naudotis tik per informatikos pamokas. Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad moksleivių žinios yra labai nevienodos: informatiką geriau išmano berniukai negu mergaitės, gimnazijos klasių – negu bendrojo lavinimo klasių moksleiviai, miestų ir rajonų centrų mokyklų – negu kaimo mokyklų moksleiviai.

Šio darbo tikslas - apžvelgti kompiuterines mokymo programas tinkamas optikos kursui mokytis pagrindinėje mokykloje. Analizuoti egzistuojančių, šioms temoms mokytis tinkamų kompiuterinių programų realizaciją, kompiuterizuoto mokymo galimybes, tam naudojamas priemones, informacines technologijas bei realizacijos aplinkas.

Pasinaudojus analizės rezultatais sukurti optikos reiškiniams modeliuoti skirtą kompiuterinę mokymo programą. Atlikti jos tyrimą, testavimą.

## 2. KOMPIUTERINĖS OPTIKOS MOKYMO PROGRAMOS, JŲ TYRIMAS

### 2.1. Objekto charakteristika

Mokymasis yra sudėtingas ir sunkus darbas, reikalaujantis iš moksleivių daug pastangų. Tam, kad mokymasis būtų efektyvus, mokytojai naudoja įvairius mokymosi ir mokymo metodus bei priemones.

Informacinių technologijų naudojimas fizikos mokymo procese atveria naujas galimybes, kaip įvairiau ir patraukliau mokyti ir mokytis fizikos. Kompiuterinės priemonės praplečia informacijos paieškos, analizės bei pateikimo galimybes. Moksleiviams sudaromos galimybės pasirinkti veiklos temą, turinį, tempą bei formą. Palaipsniui į mokyklas skverbiasi vis daugiau informacinių technologijų, didėja jų taikymo galimybės įvairių dalykų pamokose.

Daugelio mokytojų ir moksleivių nuomone tai ne tik pajvairina pamokas, bet ir vaizdesne, patrauklesne forma pateikia žinias, leidžia geriau suprasti dalyką. Skirtų naudoti fizikos pamokoje, sukurtų kompiuterinių programų yra labai nedaug ir dažniausia su menkomis galimybėmis modeliuoti. Kai kurios naudojamos programos parašytos ne valstybinė kalba. Ypač sunku pagrindinėje mokykloje besimokančius moksleivius sudominti optiniais reiškiniais, apie kuriuos galima tik kalbėti, be demonstravimo. Kasmet mokyklos įsigyja vis tobulėsius kompiuterius su naujesne programine įranga. Tobulėjančios informacinės technologijos ne tik suteikia didesnes galimybes kurti, bet kartu ir reikalauja aukštesnio lygio mokomųjų programų mokykloms, kurios leistų moksleiviams modeliuoti, tirti, konstruoti. Informacinės technologijos atveria naujas galimybes šviesos reiškinius modeliuoti pamokose kiekvienam moksleiviui. Su šviesos šaltiniais, skaidriais ir neskaidriais kūnais, apšviestais daiktais mokiniai supažindinami VII klasėje, tačiau labai trumpai. Giliau nagrinėjami optiniai reiškiniai X klasėje. G.Praspaliauskas 1992 m. yra sukūręs kompiuterinę programą „Optika“ kurioje pateikta mokyklinės medžiagos geometrinės, banginės optikos bei fotometrijos santrauka, pateikti šviesos reiškiniai, dėsnius iliustruojantys brėžiniai, formulės. Fizikos mokytojams reikalinga kompiuterinė programa lavinanti moksleivio kritinį mąstymą, leidžianti pačiam modeliuoti fizikinius reiškiniai, analizuoti, daryti išvadas.

## 2.2. Kompiuterinių programų analizė

Kompiuterines programas optiniams reiškiniams mokyti mokykloje galima suskirstyti į Lietuviškas, sukurtas lietuvių autorių ir orientuotas taikyti Lietuvos mokyklose, bei užsienietiškas.

### 2.2.1. Lietuviškos fizikos mokymo programos

Kai kurie fizikos mokytojai naudoja 1992 m. G.Prasaliausko sukurtą fizikos mokymo programą „OPTIKA“ [2]. Pritaikyta DOS operacinei sistemai. Ji parašyta meniu principu ir nėra interaktyvi. Programoje daug teorinės medžiagos dalis jos iliustruota brėžiniais. Nėra numatytos jokios galimybės moksleiviui stebėti demonstracijas, ką tai keisti. Programa apima geometrinę optiką (šviesos sklaidimas, atspindys, lūžimas, optiniai prietaisai, lęšiai, spektrinė šviesos sudėtis), banginę optiką (interferencija, difrakcija, poliarizacija), fotometriją (šviesos jėga, ryškumas, šviesos srautas, šviesos energija, apšviestumas, fotometrija). Šią programą rekomenduojama naudoti kaip pagalbinę priemonę kartojant ar gilinant mokyklinio optikos kurso žinias, sprendžiant uždavinius, ruošiantis fizikos olimpiadoms, stojamiesiems egzaminams ir panašiai. Paprastas ir nesudėtingas programos valdymas, konkretūs brėžiniai, nuoseklūs paaiškinimai. Vietos kompiuterinėje laikmenoje ji užima: 87 Kb

1993 m. programuotojas I.Gudelis kartu su fizikos mokytoju E.Rupšlauskis yra sukūrę mokomąją programą „Fizikos testai“ 10-12 klasei [3]. Programa pritaikyta DOS OS. Programoje yra galimybė susidaryti testus pačiam mokytojui. Ji skirta moksleivių apklausai testais.

Skirtingose mokyklose yra taikomos įvairios trumpos programėlės fizikos pamokoms pajavairinti parengtos pačių mokytojų nepatvirtintos naudojimui Švietimo ir mokslo ministerijos. Dažniausia tai demonstracinio pobūdžio medžiaga paruošta MS PowerPoint taikomąja programa arba testai sudaryti testų kūrimo ir vykdymo programa „Infotestas“ [4].

### 2.2.2. Užsienietiškos fizikos mokymo programos

Fizikos mokymo kursui tinkamų programų daug yra internete, tačiau jos nėra pritaikytos, apsvarstytos ir leistos naudoti fizikos mokymuisi Lietuvos mokyklose. Mokytojai viena ar kita programa ar dalimi programos galėtų pasinaudoti. Tačiau ne visas galima

persisiūsti, dalis jų naudojamos tik tiesiogiai prisijungus prie interneto. Kai kurių patraukli, vaizdi grafika, tačiau atsisiuntimo laikas ilgas, todėl fizikos pamokose pasinaudoti neįmanoma. Aprašymai, paaiškinimai pateikiami įvairiomis užsienio kalbomis, o tai apsunkina programos įsisavinimo ir panaudojimo galimybes. Kai kuriose programose yra galimybė pasirinkti aprašymus pageidaujama užsienio kalba. Dažnai tokių programų autoriai nepasirašo, leidžia laisvai naudotis savo sukurto produkto kodu, kartais pateikia adresą kuriuo galima bendrauti su autoriumi.

## 2.3. Programose atliekamų funkcijų apžvalga

### 2.3.1. Programa MODAS

Tai optinio projektavimo ir analizės programa [5]. Ją galima persisiūsti ir naudotis, tačiau programa yra labai sudėtinga, apimanti daug medžiagos, kuri pateikta su aprašymu. Ši programa skirta atlikti teleskopų modeliavimą pagal pateiktus lęšių ir veidrodžių variantus. Jos pagalba demonstruojami akivaizdūs fizikos dėsnių taikymo praktikoje pavyzdžiai. Stebint spindulių lūžius galima keisti įvairius parametrus ir atvirkščiai pakeitus parametrus stebėti kaip nuo jų priklauso ir pasikeičia lūžusių spindulių padėtis.

### 2.3.2. Programa OptiCal

Programoje OptiCalc pasirinkus įvairius lęšius bei veidrodžius galima stebėti spindulių lūžius [6]. Objektą, lęšius, veidrodžius galima stumdyti, keisti jų dydžius, keisti stiklo iš kurio pagaminti lęšiai savybes. Programa interaktyvi, sudėtinga, nes vienu metu pateikia daug informacijos. Ji yra laisvai platinama ir gali būti instaliuojama. Prie programos OptiCal pateikiamas aprašymas (anglų kalba).

### 2.3.3. Programa Difrakcijos

Demonstruojama šviesos difrakcija sklindant jai įvairaus tipo plyšiu [7]. Yra didelės galimybės keisti įvairius parametrus. Pasirinkti šviesos intensyvumą.

### 2.3.4 Programa Simulation Optics Bench

Simulation Optics Bench - trumpas Javos apletas, kuriame galima keisti lęšio nuotolį nuo daikto velkant jį pele [8]. Internete pateikiama demonstracinė programos versija. Visą programą daug didesnių galimybių, su aprašymu anglų kalba, galima užsisakyti internetu ir išgauti. Pradinį apletą galima išsisaugoti kompiuteryje ilgesniam laikui, tačiau jis menkų galimybių.

### 2.3.5. Programa Optical Systems

Programoje labai vaizdžiai pateiktas geometrinės optikos kursas [9]. Pagrindinis programos privalumas yra pateikiamos medžiagos interaktyvumas. Joje besimokantysis gali atkurti vaizdus naudodamas perkopijuojamą spindulį ir geometrinės optikos savybes. Programos valdymas labai patogus ir paprastas, šalia yra pateiktas aprašymas anglų kalba. Spindulių lūžimą demonstruoja vaizdūs pavyzdžiai kuriuose galima pasirinkti pro kokią terpe sklisis šviesa: vakuumą, orą, vandenį, kvarcą, stiklą ar deimantą.

### 2.3.6. Programa Virtualaus universiteto

Tai universiteto studentams skirta programa apimanti visus fizikos optikos reiškinius. Kiekvienam jų demonstruoti sudarytas atskiras apletas, pateikiamas išsamus aprašymas anglų kalba [10]. Apletuose įrašant ranka galima keisti daug įvairių parametru. Kaip pvz.: Pasirinkti spindulių krypties į lęšį padėtį, lęšio išgaubimą ir t.t.

### 2.3.7. Programa Lęšiai

Ši programa parengta optinių prietaisų aiškinimui universiteto studentams [11]. Anglų kalba 26 skaidrėse pateikiamos sklaidomojo ir glaudžiamojo lęšių formulės, parengti klausimai medžiagos įsisavinimui. Aiškinama lazerio panaudojimo galimybės bei savybės.

### 2.3.8. Programa Fotometrijos mokymas

Programoje Fotometrijos mokymas pateikiama daug brėžinių vaizduojančių šviesos atspindį, lūžį [12]. Kiekvienam šviesos reiškiniui demonstruoti sudarytas atskiras apletas Java



programavimo kalba. Programa apima didelį optikos teorijos kursą, apletai sudėtingi. Juose yra didelės galimybės grafinio interfeiso pagalba keisti objektų padėtį vienas kito atžvilgiu jų savybes.

### 2.3.9. Programa Optical Ray Tracer

Programa Optical Ray Tracer (Optinių spindulių braižytojas) sukurta Java programavimo kalba [13]. Jos tikslas demonstruoti šviesos spindulių sklaidimą pro nesudėtingus lęšius. Čia galima stebėti :

- a) dvigubai išgaubto lęšio giluminį sklaidymą;
- b) židinio atstumo priklausomumą nuo šviesos spalvos;
- c) kintamą židinio nuotolį nuo lęšio;
- d) gylio priklausomumą nuo praleidimo lauko dydžio;
- e) įvairių formų (kontūrų) lęšių įtaka šviesai.

Programoje aprašomas šviesos sklaidimas, formulė šviesos lūžio kampui pereinant jai iš vienos aplinkos į kitą skaičiuoti. Demonstruojamų reiškinių teorijos aprašymai pateikiami anglų kalba. Programa didelė su plačiomis grafikos, judesio galimybėmis. Kadangi naudojimas ja sudėtingas, pateikiama instrukcija vartotojui.

### 2.3.10. Programa Rainbows Phisics

Programoje Rainbows Phisics (Vaivorykščių fizika) demonstruojama šviesos dispersija [14]. Joje pateiktas labai trumpas dispersijos aprašymas anglų kalba, bei aprašymas formulių, kurių pagalba keičiasi matomas vaizdas. Rekomenduojama slankiklio pagalba keisti šviesos bangos ilgį nuo 400 nm iki 700 nm. Priklausomai nuo šio pasikeitimo keičiasi ir ekrane matomas šviesos dispersiją iliustruojantis brėžinys. Galima pasirinkti stebėjimui: vieną spindulį, daug spindulių, baltą šviesą. Tai vaizdi programa.

### 2.3.11. Programa Our Lens

Programoje Our Lens (Mūsų lęšiai) numatyta galimybė keisti lęšių didinimą, diametrą [15]. Keičiantis lęšio parametrams keičiasi ir objekto atvaizdas pro jį. Atitinkamai mažėja ir didėja, gaunamas tariamas ir apverstas.

### 2.3.12. Programa Fizika: optika, atomo fizika, virpesiai ir bangos

Tai populiarios Rusijoje firmos „TeachPro“ mokymo priemonė sukurta pagal tos šalies fizikos mokymosi kursą. Platinimo teisės priklauso firmai MAGNAMEDIA. Metodiškai parengtą interaktyvų mokymosi kursą galima įsigyti įrašyta kompaktiniame diske. Kursas suskirstytas pagal temas, kurių kiekvienai parengtos užduotys, vaizdinė medžiaga, įgarsinimas. Jis apima 147 pamokas po 15-20 minučių, kurių mokymosi greitį pasirenka vartotojas. Mokymasis su šia pagalbine priemone maksimaliai paprastas lyg vyktų užsiėmimai su korepetitoriumi. Besimokantysis girdi, skaitančio paskaitą, dėstytojo balsą ir ekrane mato veiksmus iliustruojančius paskaitą (formulių išvedimą, grafikų braižymą, įvairių vaizdinių schemų piešimą). Klausymasis nėra pasyvus, nes iš praeito kurso užduodami klausimai, kuriuos klausytojas turi atsakyti o atsakymų teisingumą gali patikrinti hipertekstiniame dokumente. Yra parengtos kontrolinės užduotys, kurių atsakymų teisingumą įvertina pati sistema. Su šiuo kursu gali dirbti keli besimokantieji. Sistema fiksuoja kiekvieno vartotojo išmoktos medžiagos kiekį atskirai ir pageidaujant galima tęsti pradėtą klausytis medžiagą nuo tos vietos, kurioje buvo baigta anksčiau. Paskaitoms parinkta ir detaliam išspūsta 150 užduočių. Numatyta galimybė vartotojui pasirinkti kokią medžiagą nori mokytis ar kartoti, pasižymėti ypač reikalingas vietas ir prie jų grįžti pageidaujama metu.

Programa sukurta naudojantis hipertekstinio dokumento kūrimo įrankiu. Joje nėra galimybės vartotojui pačiam modeliuoti situacijų. Sistema mobili ir turi veikti Windows 95, 98, 2000, Windows NT bei Windows XP operacinėse sistemose. Reikalinga techninė įranga: procesorius Pentium 100, CDROM, SVGA, garso korta.

## 2.4. Kompiuterinių optikos mokymo programų apibendrinimas

1 lentelė. Apibendrinti programų duomenys

Nr.	Prieiga per internetą	Autorius	Programos pavadinimas	Sukūrimo metai, šalis	Žiūrėta	Programs kodas
1.	<a href="http://members.kabsi.at/i.krastev/modas.html">http://members.kabsi.at/i.krastev/modas.html</a>	<a href="#">Ivan Krastev</a>	MODAS	1999, Bulgarija	2002 - 04 - 18	Borland Delphi 3
2.	<a href="http://www.optis.fr/software/html_software/opticalc/software_opticalc.htm">http://www.optis.fr/software/html_software/opticalc/software_opticalc.htm</a>	Maus und Daniel Roth	<a href="#">OptiCalc</a>	1999, Prancūzija	2002 - 05 - 08	Java applet
3.	<a href="http://www.falstad.com/wavebox/">http://www.falstad.com/wavebox/</a>	Paul Falstad	-	2002, Vokietija	2002 - 05 - 18	Java applet
4.	<a href="http://www.netzmedien.de/shop/evaluation/13/index_uk.html">http://www.netzmedien.de/shop/evaluation/13/index_uk.html</a>	Maus und Daniel Roth	<a href="#">Simulation Optics Bench</a>	2002, Vokietija	2002 - 05 - 22	Java applet
5.	<a href="http://mapageweb.umontreal.ca/hamamh/Simul.htm">http://mapageweb.umontreal.ca/hamamh/Simul.htm</a>	Dr. Habib Hamam	<a href="#">Optical Systems</a>	2001, Prancūzija	2002 - 04 - 20	Java applet
6.	<a href="http://cvu.strath.ac.uk/courseware/msc/jbaggot/aberration/aberration.html">http://cvu.strath.ac.uk/courseware/msc/jbaggot/aberration/aberration.html</a>	Project Supervisor - Dave Whittington	-	1996/1997 m.	2002 - 05 - 14	Java applet
7.	<a href="http://wug.physics.uiuc.edu/courses/phys112/fall02/Lectures/Lect26.ppt">http://wug.physics.uiuc.edu/courses/phys112/fall02/Lectures/Lect26.ppt</a>	Ilinojaus Universiteto	Lenses	2002 m.	2003-01-17	Power Point
8.	<a href="http://www-ee.eng.buffalo.edu/faculty/cartwright/photonics/SingleLensSys/index.html">http://www-ee.eng.buffalo.edu/faculty/cartwright/photonics/SingleLensSys/index.html</a>	Dr. Alexander Cartwright	Fotometrijos mokymo apletai	2001, University at Buffalo	2002 - 05 - 20	Java applet

<b>Nr.</b>	<b>Prieiga per internetą</b>	<b>Autorius</b>	<b>Programos pavadinimas</b>	<b>Sukūrimo metai, šalis</b>	<b>Žiūrėta</b>	<b>Programs kodas</b>
9.	<a href="http://www.cs.unc.edu/~naiks/comp235/p2/">http://www.cs.unc.edu/~naiks/comp235/p2/</a>	-	Optical Ray Tracer	1998	2002 – 05 - 20	Java applet
10.	<a href="http://users.erols.com/renau/rainbow.html">http://users.erols.com/renau/rainbow.html</a>	Pascal Renuit	Rainbows Physics	2000	2002–05-21	Java applet
11.	<a href="http://javaboutique.internet.com/Lens/">http://javaboutique.internet.com/Lens/</a>	Xavier Potier	Our Lens	1999	2002-04-28	Java applet
12.	<a href="http://www.magnamedia.ru">www.magnamedia.ru</a>		Физика	2001	2002-04-30	Front Page

Išvados iš tyrinėtų programų:

1. Lietuvos mokyklose yra naudojamos kelios kompiuterinės programos skirtos fizikos mokymui, bei mokymuisi.
2. Išanalizavus lietuviškas fizikos mokymo kompiuterines programas paaiškėjo, kad jos gana senos ir neišnaudoja Windows OS teikiamo grafinio interfeiso galimybių.
3. Išanalizavus fizikos mokymo programas pasiekiamas interneto pagalba pastebėta, kad jų yra sukurta labai daug ir turinčių įvairių galimybių.
4. Internetu pasiekiamos fizikos mokymo programos beveik visos sukurtos Java programavimo kalba ir apipavidalintos naudojantis internetinių puslapių kūrimo įrankiais.
5. Mokyklose trūksta kompiuterinių lietuviškų mokymo programų.
6. Nėra šiuo metu Lietuvos mokyklose kompiuterinės programos, kuri būtų pritaikyta mokytis optikos kurso naudojantis šiuolaikiška Windows aplinką.
7. Išanalizavus esamą padėtį, nutarta suprojektuoti pagrindinei mokyklai kompiuterinę programą palengvinančią fizikos mokymą mokytojui ir vaizdžiai demonstruojančią optinius reiškinius moksleiviui.
8. Vartotojo sąsajai kurti naudojant taikomąją programą Microsoft FrontPage.

### 3. PROJEKGINĖ DALIS

#### 3.1. Optinės sistemos geometrinis modelis

Pagrindinėje mokykloje nagrinėjamos tokios optikos temos: šviesos sklidimas, atspindys, lęšiai ir optiniai prietaisai, šviesos banginės savybės. Optikos dalis, kuri nagrinėja šviesos sklidimą skaidriomis terpėmis remdamasi šviesos spindulio sąvoka, vadinama **geometrine optika**. Šviesos spindulį galime nusakyti ir kaip tiesę, kuria plinta šviesos energija. Tiesė – geometrijos sąvoka, ir šviesos spindulys yra ne kas kita, kaip modelis.

Šviesa, pereidama iš vienos aplinkos į kitą, keičia sklidimo kryptį, t.y. lūžta. Pagal Snelijaus dėsnį, šviesos kritimo ir lūžimo kampų ( $\alpha$  ir  $\gamma$ ) sinusų santykis yra pastovus dydis. Jis lygus šviesos sklidimo greičių tose aplinkose ( $v_1$  ir  $v_2$ ) santykiui ir vadinamas santykiniu antrosios aplinkos lūžio pirmosios aplinkos atžvilgiu rodikliu ( $n_{21}$ ):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const.} \quad (1)$$

Kai pirmoji aplinka yra vakuumas,  $v_1 = c = 3 \cdot 10^8$  m/s. Tada

$$n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v_2} \quad (2)$$

vadinamas absoliutiniu aplinkos lūžio rodikliu. Kadangi šviesos sklidimo greičiai ore ir vakuume artimi, absoliutinis oro lūžio rodiklis praktiškai lygus 1. Naudodamiesi absoliutine aplinkos lūžio rodiklio apibrėžimu, (1) lygtį perrašome taip:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (3)$$

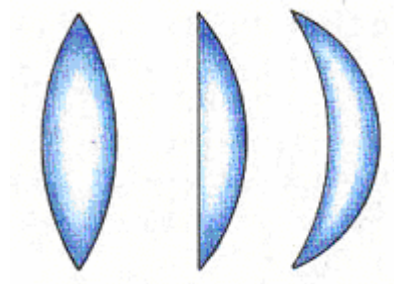
Čia  $n_1$  ir  $n_2$  - pirmosios ir antrosios aplinkos absoliutiniai lūžio rodikliai.

Ta aplinka, kurios absoliutinis lūžio rodiklis didesnis, vadinama optiškai tankesne. Jei šviesa sklinda iš optiškai tankesnės aplinkos į retesnę ( $n_1 > n_2$ ), tada  $\alpha > \gamma$ . Šiuo atveju galima

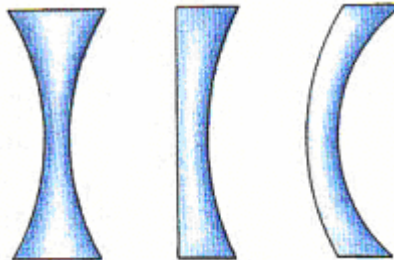
nustatyti tokį šviesos kritimo kampą  $\alpha = \alpha_{\text{rib}}$ , kurį atitinka lūžimo kampas  $\gamma = 90^\circ$ . Toks kritimo kampas vadinamas ribiniu kampu.

Praktikoje didelę reikšmę turi šviesos sklidimas ne tik dviejų terpių sandūra, bet ir pro optiškai skaidrų kūną. Tada šviesa lūžta du kartus: patekdama į skaidrų kūną ir išeidama iš jo, tai nagrinėjama prie šviesos banginių savybių. Skaidrus kūnas, apribotas dviejų sferinių paviršių (vienas jų gali būti ir plokščias) vadinamas lęšiu. Lęšiai pagal formą ir spindulių eigą pro juos skirstomi į:

- Iškiluosius, arba glaudžiamuosius, kurie per vidurį yra storesni negu kraštuose (3.1.1. pav.);
- Įgaubtuosius arba sklaidomuosius, kurie per vidurį yra plonesni negu kraštuose (3.1.2. pav.).

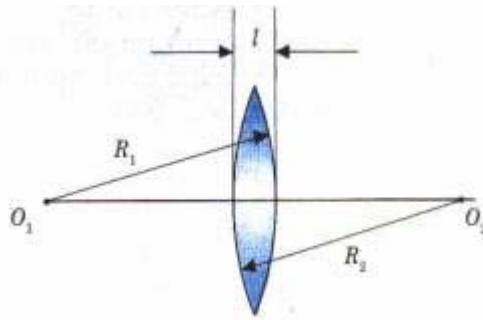


3.1.1. pav. Glaudžiamieji lęšiai



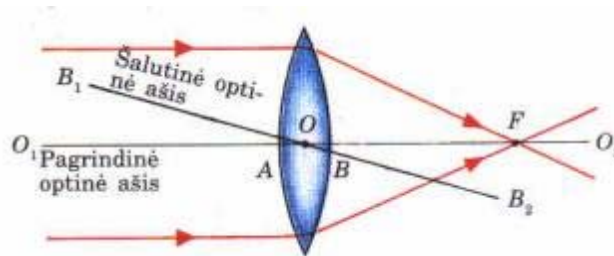
3.1.2. pav. Sklaidomieji lęšiai

Lęšiai, kurių storis  $l$  yra labai mažas, palyginti su paviršių kreivumo spinduliais  $R_1$  ir  $R_2$ , vadinami plonaisiais (3.1.3. pav.).



3.1.3. pav. Plonieji lęšiai

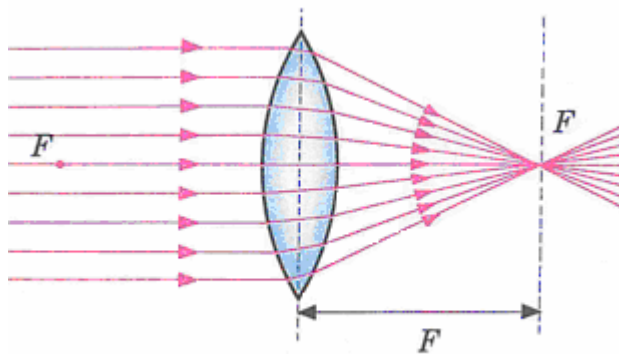
Kai  $R_1$  ir  $R_2$  nedaug skiriasi nuo  $l$ , tai lęšiai vadinami storaisiais. Jų optinės savybės priklauso nuo paviršių kreivumo. Plonusius lęšius apibūdina tokios svarbiausios sąvokos ir dydžiai (3.1.4 pav.).



3.1.4. pav. Plonųjų lęšių pagrindiniai dydžiai

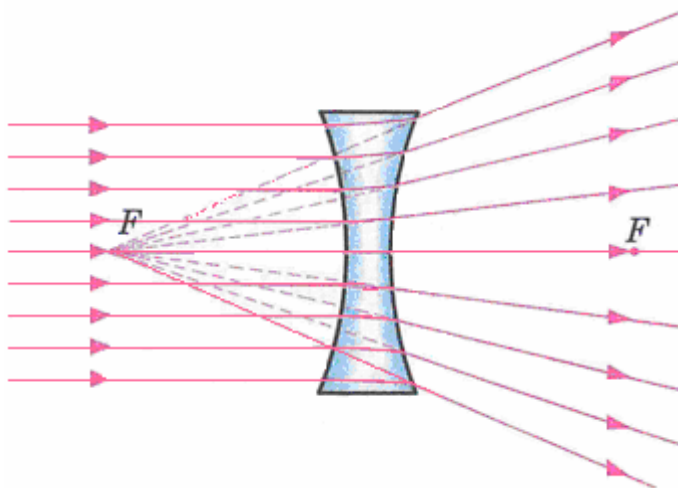
- **Optinis centras O.** Sutarta laikyti, kad plonųjų lęšių optinis centras sutampa su rutulio nuopjovų viršūnėmis A ir B. Spindulys, sklindantis per lęšio optinį centrą, nelūžta.
- **Pagrindinė optinė ašis  $O_1O_2$ .** Taip vadinama tiesė, einanti per lęšio paviršių kreivumo centrus ir optinį centrą.
- **Šalutinė optinė ašis.** Tai bet kuri kita tiesė, einanti per lęšio optinį centrą, pavyzdžiui, tiesė  $B_1B_2$ .
- **Pagrindinis lęšio židiny.** Juo vadinamas taškas, kuriame susikerta lygiagretūs su pagrindine optine ašimi spinduliai. Pagrindinis židiny žymimas raide  $F$ . Ta pačia raide žymimas ir atstumas nuo lęšio optinio centro iki pagrindinio židinio (3.1.5. pav.). Tas atstumas vadinamas lęšio pagrindiniu židinio nuotoliu. Kiekvienas lęšis turi du pagrindinius židinius, vienodai nutolusius nuo lęšio į abi puses.





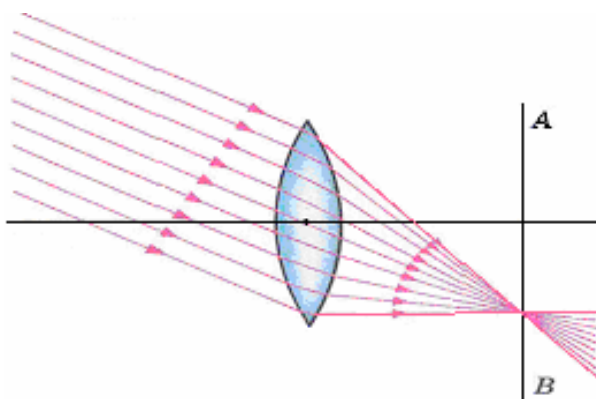
3.1.5. pav. Pagrindinis glaudžiamojo lęšio židinys.

Lygiagretūs su pagrindine optine ašimi spinduliai, praėję pro glaudžiamąjį lęšį, susikerta jo pagrindiniame židinyje, o praėję pro sklaidomąjį lęšį, sklinda skleistiniu pluoštu; pagrindiniame židinyje susikerta jų tęsiniai (3.1.6. pav.). Glaudžiamojo lęšio pagrindinis židinys yra tikras, sklaidomojo – menamas.



3.1.6. pav. Pagrindinis sklaidomojo lęšio židinys.

- **Židinio plokštuma.** Taip vadinama plokštuma, einanti per lęšio pagrindinį židinį statmenai jo pagrindinei optinei ašiai. Židinio plokštumoje AB susikerta su kiekviena optine ašimi lygiagretūs spinduliai (3.1.7. pav.). Kiekvienas lęšis turi dvi židinio plokštumas. Glaudžiamojo lęšio jos yra tikros, sklaidomojo – menamos.



3.1.7. pav. Židinio plokštumoje AB susikerta su kiekviena optine ašimi lygiagretūs spinduliai.

- **Lęšio laužiamoji geba.** Tai yra dydis, atvirkščias lęšio pagrindinio židinio nuotoliui. Ji žymima raide D ir matuojama dioptrijomis (kurios sutrumpintai matuojamos ta pačia raide D):

$$D = \frac{1}{F} \quad (4)$$

$$[D] = 1 \text{ m}^{-1} = 1 \text{ D.}$$

Vienos dioptrijos laužiamąją gebą turi lęšis, kurio židinio nuotolis lygus 1 m.

Lęšiais galima gauti įvairių daiktų atvaizdus. Jie priklauso nuo daikto savybių ir daikto padėties lęšio atžvilgiu.

Visi iš daikto kurio nors vieno taško išėję spinduliai už lęšio taip pat sueina į vieną tašką. Norint gauti lęšio sudaromą daikto atvaizdą, pakanka pasirinkti tik keletą „patogių“ spindulių:

- spindulį, einantį pro optinį centrą ir sutampantį su šalutine optine ašimi;
- spindulį, lygiagretų su pagrindine optine ašimi (lūžęs jis eina per pagrindinį židinį);
- spindulį, einantį per lęšio pagrindinį židinį (lūžęs jis sklinda lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi).

Ieškant pavienių daikto taškų atvaizdų, pakanka nubrėžti du iš minėtų spindulių.

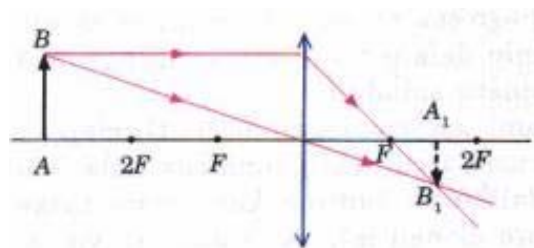
Lęšiais gaunami atvaizdai gali būti tikrieji ir menamieji. Tikrasis atvaizdas gaunamas tada, kai sklindanti nuo daikto ar šaltinio kurio nors taško šviesa, praėjusi pro plonąjį lęšį, vėl susirenka viename taške. O iš pavienių taškų susidaro visas daikto ar šaltinio atvaizdas.

Jei lęšis nuo daikto ar šaltinio einančius spindulius praskleidžia, tai jie negali susirinkti viename taške ir tikrojo atvaizdo nesusidaro. Tačiau jų tęsiniai priešinga kryptimi susikerta viename taške ir šis taškas laikomas menamuoju atvaizdu.

Išnagrinėsime keletą lęšiais gaunamų daiktų atvaizdų.

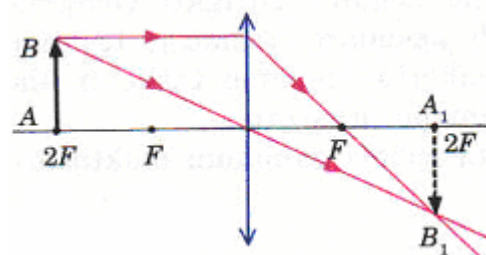
### Glaudžiamojo lęšio kuriami atvaizdai.

1. Daiktas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu (3.1.8. pav.). Šiuo atveju jo atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje tarp pagrindinio židinio ir taško, nutolusio nuo lęšio dvigubu židinio nuotoliu. Atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas ir sumažintas.



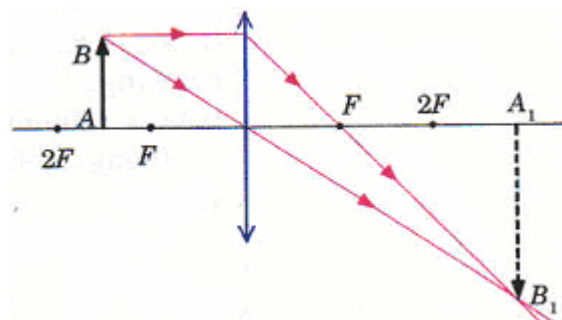
3.1.8. pav. Daiktas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu.

2. Daiktas pastatytas dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio (3.1.9. pav.). Daikto atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas, natūralaus dydžio. Atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje dvigubu židinio nuotoliu.



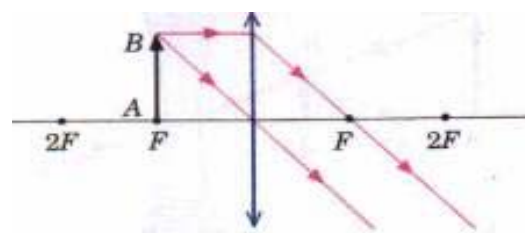
3.1.9. pav. Daiktas pastatytas dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio.

3. Daiktas nutolęs nuo lęšio atstumu, didesniu už židinio nuotolį, bet mažesniu už dvigubą židinio nuotolį (3.1.10. pav.). Tikrasis, apverstas ir padidintas jo atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje. Atvaizdas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu.



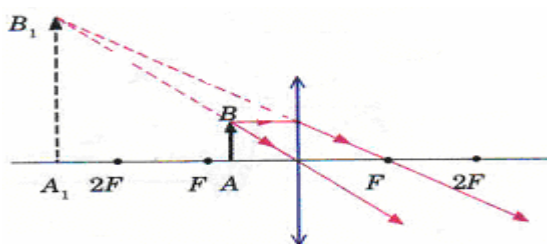
3.1.10. pav. Daiktas nutolęs nuo lęšio atstumu, didesniu už židinio nuotolį, mažesniu už dvigubą židinio nuotolį.

4. Daiktas yra glaudžiamojo lęšio židinyje (3.1.11. pav.). Šiuo atveju, iš kiekvieno daikto taško išeinantys spinduliai, lūžę lęšyje, toliau sklinda lygiagrečiu pluoštu. Tikrasis atvaizdas nesusidaro.



3.1.11. pav. Daiktas yra glaudžiamojo lęšio židinyje.

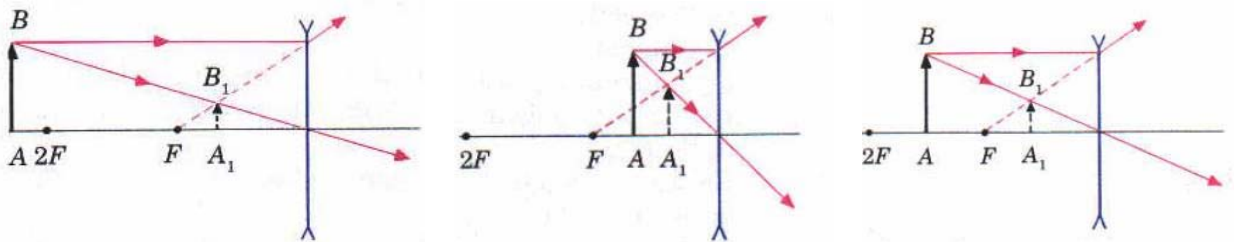
5. Daiktas yra tarp lęšio ir jo židinio (3.1.12. pav.). Neapverstas, menamas ir padidintas jo atvaizdas susidaro toje pačioje lęšio pusėje, kaip daiktas, atstumu, už židinio nuotolį.



3.1.12. pav. Daiktas yra tarp lęšio ir jo židinio.

### Sklaidomojo lęšio sudaromi atvaizdai

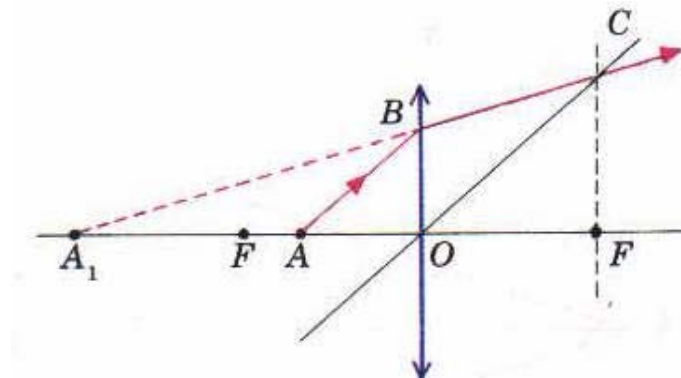
Kad ir kur būtų daiktas sklaidomojo lęšio atžvilgiu, menamasis, sumažintas ir neapverstas jo atvaizdas visada susidaro tarp pagrindinio židinio ir lęšio toje pačioje pusėje kaip ir daiktas (3.1.13. pav.).



3.1.13. pav. Sklaidomojo lęšio sudaromi atvaizdai.

### Pagrindinėje optinėje ašyje esančio taško atvaizdas

Ieškant pagrindinėje optinėje ašyje esančio šviečiančio taško atvaizdo, anksčiau naudoti „patogūs“ spinduliai sklinda pagrindine optine ašimi. Tuo atveju pasirenkamas bet kuris kitas į lęšį krintantis spindulys, pavyzdžiui, AB (3.1.14. pav.). norėdami sužinoti, kaip šis spindulys lūš lęšyje, nubrėžiame šalutinę optinę ašį OC, lygiagrečią su spinduliu AB. Taip pat pažymime židinio plokštumą CF, einančią per lęšio židinį. Per jos sankirtos su šalutine optine ašimi tašką C ir eis lęšyje lūžęs spindulys AB. Pratęsus lūžusį spindulį BC iki jo sankirtos su pagrindine optine ašimi taško, randamas šviečiančio taško A atvaizdas  $A_1$ . Jis yra menamasis, nes taškas A buvo tarp pagrindinio židinio ir lęšio.



3.1.14. pav. Pagrindinėje optinėje ašyje esančio šviečiančio taško atvaizdas

Parodę, kaip lęšiai sudaro atvaizdus, neatsižvelgėme į tai, kad realūs lęšiai ne visada surenka spindulius tiksliai viename taške.

Ieškant daikto atvaizdo, nebūtina kaskart braižyti „patogius“ spindulius. Lęšio židinio nuotolį, daiktų bei jų atvaizdų padėtį galima apskaičiuoti matematiškai, remiantis vadinamąja **plonojo lęšio formule**, kurią trumpumo dėlei toliau vadinsime lęšio formule.

Kurioje nors lęšio pagrindinės optinės ašies vietoje pasirinkime daiktą AB ir, nubraižę spindulių eigą pro lęšį, rasime atvaizdą  $A_1B_1$  (3.1.15. pav.). Pažymėkime:

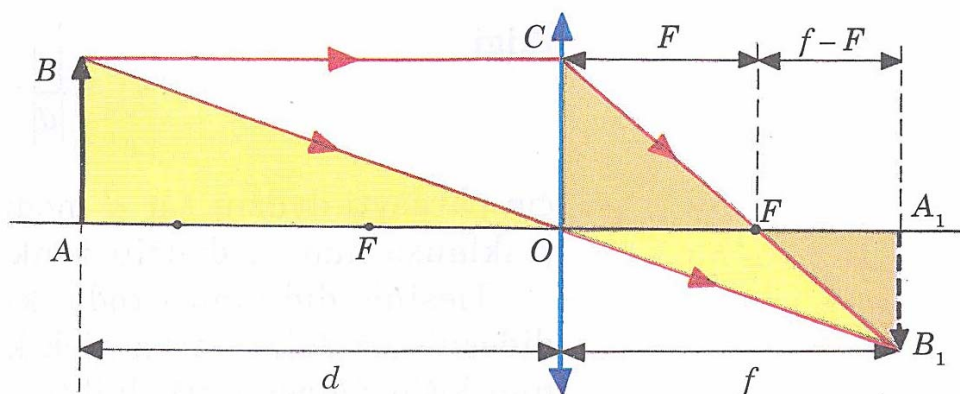
F - lęšio židiny (kartu ir židinio nuotolis);

d – daikto atstumas nuo lęšio;

f – atvaizdo atstumas nuo lęšio;

AB – daikto aukštis;

$A_1B_1$  – atvaizdo aukštis.



3.1.15. pav. Pasirinkime daiktą AB ir, nubraižę spindulių eigą pro lęšį, rasime atvaizdą  $A_1B_1$

Trikampiai ABO ir  $A_1B_1O$  panašūs, todėl

$$\frac{d}{f} = \frac{AB}{A_1B_1}. \quad (5)$$

Trikampiai OCF ir  $A_1B_1F$  taip pat panašūs. Atsižvelgę į tai, kad  $OC = AB$  ir  $FA_1 = f - F$ , gauname:

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{F}{f - F}. \quad (6)$$

Iš (5) ir (6) lygybės:

$$\frac{d}{f} = \frac{F}{f - F}. \quad (7)$$

Pertvarkę gausime:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad (8)$$

arba

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (9)$$

Tai plonojo lęšio formulė. Dydžiai  $F$ ,  $d$  ir  $f$  gali būti tiek teigiami, tiek neigiami.

Sprendžiant uždavinius, laikomasi tokių taisyklių:

- kai lęšis yra glaudžiamasis (taigi jo židinytis - tikrasis), dydis  $F$  teigiamas;
- kai lęšis sklaidomasis (tada jo židinytis yra menamasis), dydis  $F$  yra neigiamas;
- kai daikto atvaizdas tikrasis, dydis  $f$  teigiamas;
- kai atvaizdas menamasis, dydis  $f$  yra neigiamas;
- kai daiktas yra tikrasis, dydis  $d$  laikomas teigiamu.

Taikydami plonojo lęšio formulę, iš pradžių visus dydžius ( $F$ ,  $d$ ,  $f$ ) laikome teigiamais. Jeigu apskaičiavę gauname neigiamą vertę, vadinasi, atitinkamas dydis (židinytis, daiktas ar jo atvaizdas) yra menamasis.

Lęšiu gauto daikto atvaizdo ir paties daikto matmenų santykis vadinamas lęšio tiesiniu didinimu  $\Gamma$ :

$$\Gamma = \frac{A_1 B_1}{AB}. \quad (10)$$

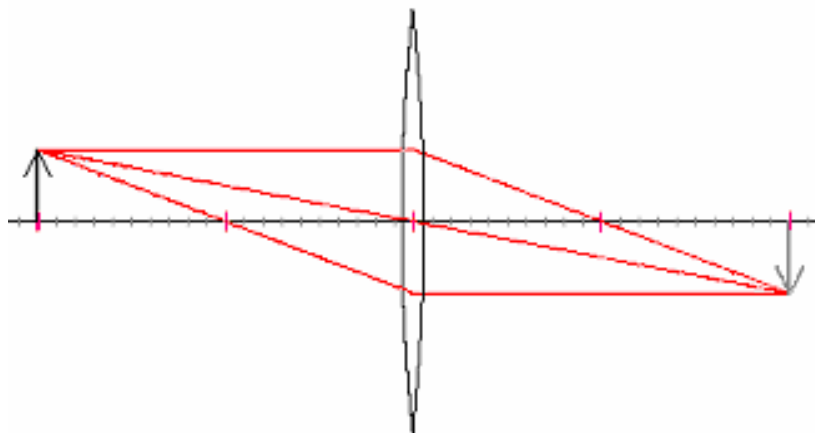
Iš (5) ir (10) lygybių

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}; \quad (5)$$

čia parašyti  $f$  ir  $d$  moduliai, nes didinimas nepriklauso nuo dydžių ženklo.

Tiesinis didinimas rodo, kiek kartų atvaizdas yra didesnis už daiktą arba kiek kartų atvaizdo atstumas iki lęšio didesnis už daikto atstumą nuo lęšio.

Sudarant geometrinį, daiktų ir jų atvaizdų gavimo lęšių pagalba, modelį padarysime supaprastinimą. Modelyje glaudžiamąjį lęšį atitiks elipsė (3.1.16. pav.), o sklaidomąjį daugiakampis. Realiai, kadangi lęšį riboja du sferiniai paviršiai jo pjūvis plokštuma nėra elipsė (lęšio galai smilėja, o elipsės apvalesni), o sklaidomojo lęšio pjūvis nėra daugiakampis.



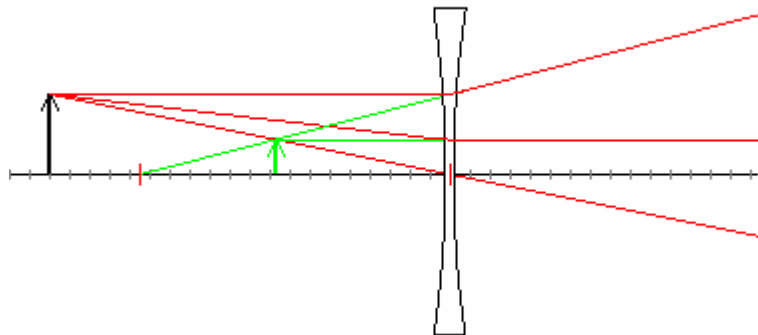
3.1.16. pav. Geometrinis modelis su glaudžiamuoju lęšiu.

Kompiuterio ekrane vaizdas susidaro iš taškų, glaudžiamąjį plonąjį lęšį vaizduojančios elipsės viršutinė ir apatinė dalys nusmailėja, todėl vizualiai atrodo lyg susidarytų iš sferų nuopjovų. Geometrinėje optikoje sutarta laikyti, kad plonųjų lęšių optinis centras sutampa su jų sudarančių sferų nuopjovų viršūnėmis. Daiktą, kurio atvaizdą brėšime modelyje, atitiks juodos spalvos vektorius, o jo atvaizdą pilkos spalvos vektorius.

Lęšio sudaromam daikto atvaizdai rasti, pakanka pasirinkti tik keletą „patogių“ spindulių:

- spindulį, einantį pro optinį centrą ir sutampantį su šalutine optine ašimi;
- spindulį, lygiagretų su pagrindine optine ašimi (lūžęs jis eina per pagrindinį židinį);
- spindulį, einantį per lęšio pagrindinį židinį (lūžęs jis sklinda lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi).

Šiuos spindulius modelyje atitiks raudonos spalvos atkarpos. Sklaidomojo lęšio atveju, menamas, sumažintas ir neapverstas daikto atvaizdas modelyje bus žalios spalvos (3.1.17. pav.). Sklaidomojo lęšio pjūvis plokštuma nėra konkreti geometrinė figūra. Programoje šiam lęšiui braižyti naudosime daugiakampį sudarytą iš 100 atkarpų, paskaičiuojant koordinates kas antram jo kraštinės taškui bus priartėta prie apskritimo lanko.



3.1.17. pav. Geometrinis modelis su sklaidomuoju lęšiu.

Aprašytus modelius naudosime programoje skirtoje lęšių pagalba gaunamiems atvaizdams tirti.

## 3.2. Reikalavimų projektuojamai sistemai specifikacija

Kompiuterinė mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ skirta pagrindinės mokyklos fizikos mokomojo dalyko skyriui „Lėšiai ir optiniai prietaisai“ mokyti turi sudaryti galimybes: pasikartoti šio skyriaus teoriją, pagilinti žinias atsakant į parengtus savikontrolės klausimus, pasikartoti formules bei sąvokas, atlikti lėšiais gaunamų daiktų atvaizdų modeliavimą ir laboratorinių darbų užduotis. Remiantis aprašytu geometriniais modeliais, turi būti sukurta programa, lėšiais gaunamų daiktų atvaizdų modeliavimui pagal vartotojo pateiktus parametrus. Skaičiavimų, atliekamų pasinaudojus šia programa tikslas – nukreipti besimokančiojo veiklą optinių reiškinių analizei atlikti, dėsniumi tirti.

### 3.2.1 Funkciniai vartotojo reikalavimai

Mokymo priemonės struktūra ir atliekami veiksmai turi būti laisvai ir lengvai keičiami prireikus. Po pakeitimo ji gali ir toliau būti taikoma, todėl programos gyvavimo ciklą sunku prognozuoti. Tai priklausys nuo programinės įrangos vystymosi tempų ir vartotojų poreikio.

- Mokymo priemonė turi atitikti savo turiniu ir struktūra pagrindinėje mokykloje nagrinėjamai temai.
- Teorinė medžiaga turėtų būti pateikiama hipertekstu.
- Teorinė medžiaga turi būti suskaidyta temomis.
- Turi būti aiški mokymo priemonės struktūra ir patogus orientavimasis joje.
- Hipertekstinės mokymo medžiagos visų teorijos temų struktūra turi būti vienoda.
- Turi būti galimybė pakartoti ar praleisti mokomąją medžiagą.
- Temos teorinėje medžiagoje turi būti pateikiami tik svarbiausi faktai.
- Temos teorinė medžiaga turėtų būti iliustruojama paveikslais bei pavyzdžiais.
- Iliustracijų ir paaiškinimų kiekis turi būti pakankamas, grafikos ir teksto kiekis subalansuotas.
- Tekstinės medžiagos apimtis turi būti minimali.
- Kiekvienai temai reikalinga parengti savikontrolės klausimus.
- Kiekvienam laboratoriniam darbui atlikti paruošti individualias užduotis.
- Programa turi modeliuoti lėšio pagalba daikto atvaizdą, schematiškai atitinkantį realų.
- Programa turi korektiškai skaičiuoti esant bet kokioms korektiškoms įėjimo reikšmėms.



## Funkciniai vartotojo reikalavimai programai

**Pagrindinis programos tikslas** - sudaryti moksleiviams galimybę modeliuoti daiktų atvaizdus gaunamus glaudžiamuoju ir sklaidomuoju lęšiu. Programa turi veikti vartotojui įvedant duomenis ranka arba keičiant juos pelės pagalba. Programinė įranga modelyje turi leisti:

- keisti daikto atstumą nuo lęšio;
- pakeisti daikto aukštį;
- keisti vaizdo atstumą nuo lęšio;
- stebėti parametrų pasikeitimus pakeitus vieną jų;
- keisti lęšio židinio nuotolį;
- pasirinkti sklaidomąjį arba glaudžiamąjį plonuosius lęšius;
- atlikti duomenų perskaičiavimus dešimtųjų tikslumu;
- nustatyti bet kurio taško koordinates lęšio atžvilgiu bet kuriuo metu;
- modeliuoti brėžinius pagal 2 lentelėje pateiktus reikalavimus.

2 lentelė. Vartotojo reikalavimai modeliui

	Daikto padėtis	Atvaizdo padėtis	Atvaizdo ypatybės
1.	$\infty > d > 2 * F$	$2 * F > f > F$	Tikrasis, apverstas, sumažintas
2.	$d = 2 * F$	$f = 2 * F$	Tikrasis, apverstas, natūralaus dydžio
3.	$F < d < 2 * F$	$2 * F < f < \infty$	Tikrasis, apverstas, padidintas
4.	$d = F$	$f = \infty$	Atvaizdas nesusidaro
5.	$0 < d < F$	$0 < f < \infty$	Menamas, neapverstas, padidintas
6.	$0 < d < \infty$	$0 < f < F$	Menamasis, neapverstas, sumažintas

Čia:  $d$  - daikto atstumas nuo lęšio,  $F$  – lęšio židinio nuotolis,  $f$  - atvaizdo atstumas nuo lęšio.

### Užduočių dokumentų paskirtis

Leisti vartotojui pasirinkti įvedamus duomenis.

Leisti vartotojui įrašyti, taisyti ir keisti duomenis lentelėje.

Rodyti iš vartotojo lentelės gautą stulpelinę diagramą, vaizduojančią priklausomybes.

Rodyti vartotojo ekrane atliktos užduoties analizę.

Leisti vartotojui iš gautos diagramos išvadas pateikti raštu.

Sudaryti galimybę atspausdinti užduoties rezultatus, bei analizės išvadas.

### 3.2.2 Nefunkciniai reikalavimai

#### **Reikalavimai produktui**

- Mokymo priemonė turi būti mobili ir veikti Windows 95, 98, 2000, Windows NT bei Windows XP operacinėse sistemose;
- Mokymo priemonė turi neviršyti 1,3 MB kompiuterinėje laikmenoje;
- Mokymo priemonė turi būti priimtina taikyti X klasės moksleiviams;
- Naudojimasis priemone turi būti kuo paprastesnis;
- Vartotojo sąsaja turi būti aiški, lengvai suprantama, patogi naudojimui, įsisavinama be papildomų sąnaudų, pagalbos;
- Programos atnaujinimo laikas ekrane neturi viršyti 6 sekundžių;
- Įvykių apdorojimo laikas turi būti mažesnis už 3 sekundes;
- Programa turi skaičiuoti su bet kokiomis korektiškoms įėjimo reikšmėmis.

#### **Organizaciniai reikalavimai**

- Mokymo priemonė pristatoma įrašyta lanksčiame diskelyje arba kompaktiniame diske kartu su atspausdinta vartotojo dokumentacija;
- Mokymo priemonė įdiegiama perkopijuojant pristatyto diskelio turinį – katalogą „Optika“ į vartotojo pasirinktą diską.

#### **Išoriniai reikalavimai**

- Programoje nebūtinos apsaugos priemonės, nes ji yra viešo naudojimo;
- Mokymo priemonė neprivalo registruoti vartotojų;
- Mokymo priemonė kasmet turi būti atnaujinama perkopijuojant ją iš originalios laikmenos;
- Mokymo priemonė privalo būti suderinta užduočių rezultatų spausdinimui su vartotojo spausdinimo įrenginiais.

### 3.3. Duomenų struktūra

Pagrindinis, mokymo priemonėje „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“, kuriamos naudoti programos „Modelis“ tikslas – modeliuoti daikto ir jo atvaizdo gavimą, pagal vartotojo įvestus duomenis, glaudžiamojo ir sklaidomojo lėšių pagalba. Tam reikia atlikti skaičiavimus su kas kart vis naujai įvedamais vartotojo duomenimis, pagal juos atitinkamai keičiant vaizdą ekrane bei reikšmes kintamųjų laukuose. Programoje nenumatyta saugoti duomenis, apdoroti duomenų masyvus. Programoje gauti duomenys yra naudojami mokymo priemonės laboratorinių darbų užduotims atlikti. Vartotojas turi atrinkti reikiamus duomenis ir perkelti į atitinkamas laboratorinių darbų lenteles. Kad vėliau būtų galima peržiūrėti gautus rezultatus jas galima išsisaugoti arba atspausdinti.

Pradiniai duomenys – tai pradinio modelio parametrai. Jie pateikiami atitinkamuose laukuose programos paleidimo metu, pagal nutylėjimą:

- židinio nuotolis  $F = 10$ ,
- daikto atstumas nuo lėšio  $d = 20$ ,
- atvaizdo atstumas nuo lėšio  $f = 20$ ,
- laužiamoji geba  $g = 1.0$ .

Programoje numatyta galimybė keisti juos įvedant ranka klaviatūros pagalba arba pele. Įvedus realiai per didelį ar per mažą duomenį programa atstato pradines reikšmes. Vartotojo įvesti duomenys nėra saugomi jie turi prasmę modelio ekrane pasikeitimui. Programoje gauti ir įvesti vartotojo duomenys naudojami užduotims atlikti Microsoft Excel programa parengtuose dokumentuose.

Programą sudaro dvi klasės: *Lesis* ir *LesioLangas*. Klasėse panaudoti 57 pagalbiniai kintamieji, skirti lėšiui, daiktui, vaizdai braižyti, atvaizdai projektuoti, vartotojo laukams apibrėžti, jų reikšmėms skaičiuoti.

Detaliau kintamųjų paskirtis ir tipai paaiškinta 3 lentelėje.

Kintamųjų tipas ir pavadinimas	Paskirtis
String mygtukas	Mygtuko pavadinimo tekstas
String antraste	Programos lango pavadinimas
int Plotis	Programos lango plotis
int Aukstis	Programos lango aukštis
LesioLangas m	Nuoroda į objektą
Color TSpalva	Hipertekstiniame dokumente mygtuko aplinkos spalva
String[] STR	Programos lango laukų pavadinimų masyvas
boolean bus_appletas	Pasirinkimo nustatymas
boolean bus_lesis	Pasirinkimo nustatymas
int yPrad	Pradinė konteinerio aukščio reikšmė
TextField teD	Daikto atstumo nuo lęšio reikšmė d
TextField teQ	Vaizdo atstumas nuo lęšio f
TextField teF	Lęšio židinio nuotolis F
TextField teM	Laužiamoji geba g
Checkbox cThin	Pasirinkimų laukas
Button type	Mygtukas pasirinkti sklaidomasis ar glaudžiamasis lęšis
int xc	Koordinatinių plokštumos centro koordinatė
int yc	Koordinatinių plokštumos centro koordinatė
double mast	Mastelis, konstanta
boolean ojuda	Ar objektas judinamas
boolean rightClick	Ar nuspaustas pelės kairysis klavišas
int xp	Vertikalios koordinatinių ašies koordinatės
int yp	Vertikalios koordinatinių ašies koordinatės
String msg	Lauko tekstas X, Y
Graphics g	Iškviečiami elementarių figūrų piešimo metodai
int ox	Objekto vieta koordinatinių plokštumoje
int oy	Objekto vieta koordinatinių plokštumoje
int puse	Objekto vieta koordinatinių plokštumoje
double ix	Atvaizdo vieta koordinatinių plokštumoje
double iy	Atvaizdo vieta koordinatinių plokštumoje
double geba	Laužiamoji geba

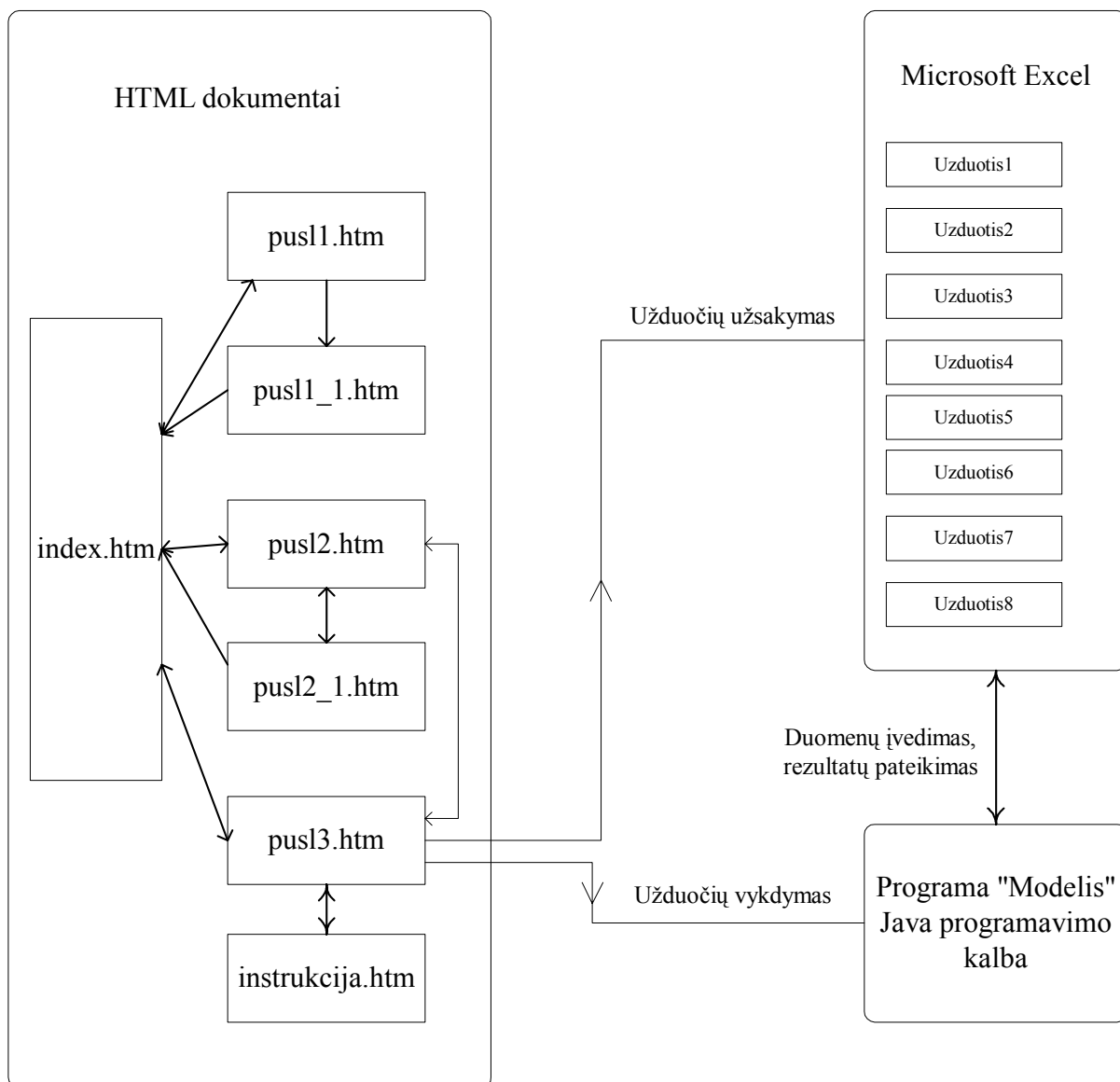
int lxc	Lėšio centro koordinatė
int lyc	Lėšio centro koordinatė
int lh	Lėšio aukščio koordinatė
Int lwidth	Lėšio plotis
boolean juda	Ar lėšis juda
int[] X	Daugiakampio kampų koordinatė x ašies atžvilgiu
int[] Y	Daugiakampio kampų koordinatė y ašies atžvilgiu
int cnt	Pagalbinė konstanta, daugiakampio kampų kiekis

Programai atliekant skaičiavimus nuo vartotojo įvestų į atitinkamus laukus reikšmių pasikeičia kintamųjų reikšmės, o pagal jas vaizdas ekrane. Jokių duomenų išskyrus pradines reikšmes programa nesaugo.

### 3.4. Sistemos struktūra

Mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ parengta naudojant keletą skirtingų informacinių technologijų (3.4.1. pav.):

- Hipertekstiniai dokumentai sukurti Microsoft Front Page taikomąja programa (7 failai: index, pusl1, pusl1\_1, pusl2, pusl2\_1, pusl3, instrukcija);
- Programa paruošta Java programavimo kalba (4 failai: Lesis.java, Lesis.class, LesioLangas.class, lesiai.jpx);
- Laboratorinių darbų užduotys parengtos Microsoft Excel (8 failai: Uzduotis1, Uzduotis2, Uzduotis3, Uzduotis4, Uzduotis5, Uzduotis6, Uzduotis7, Uzduotis8).



3.4.1. pav. Mokymo priemonės struktūra

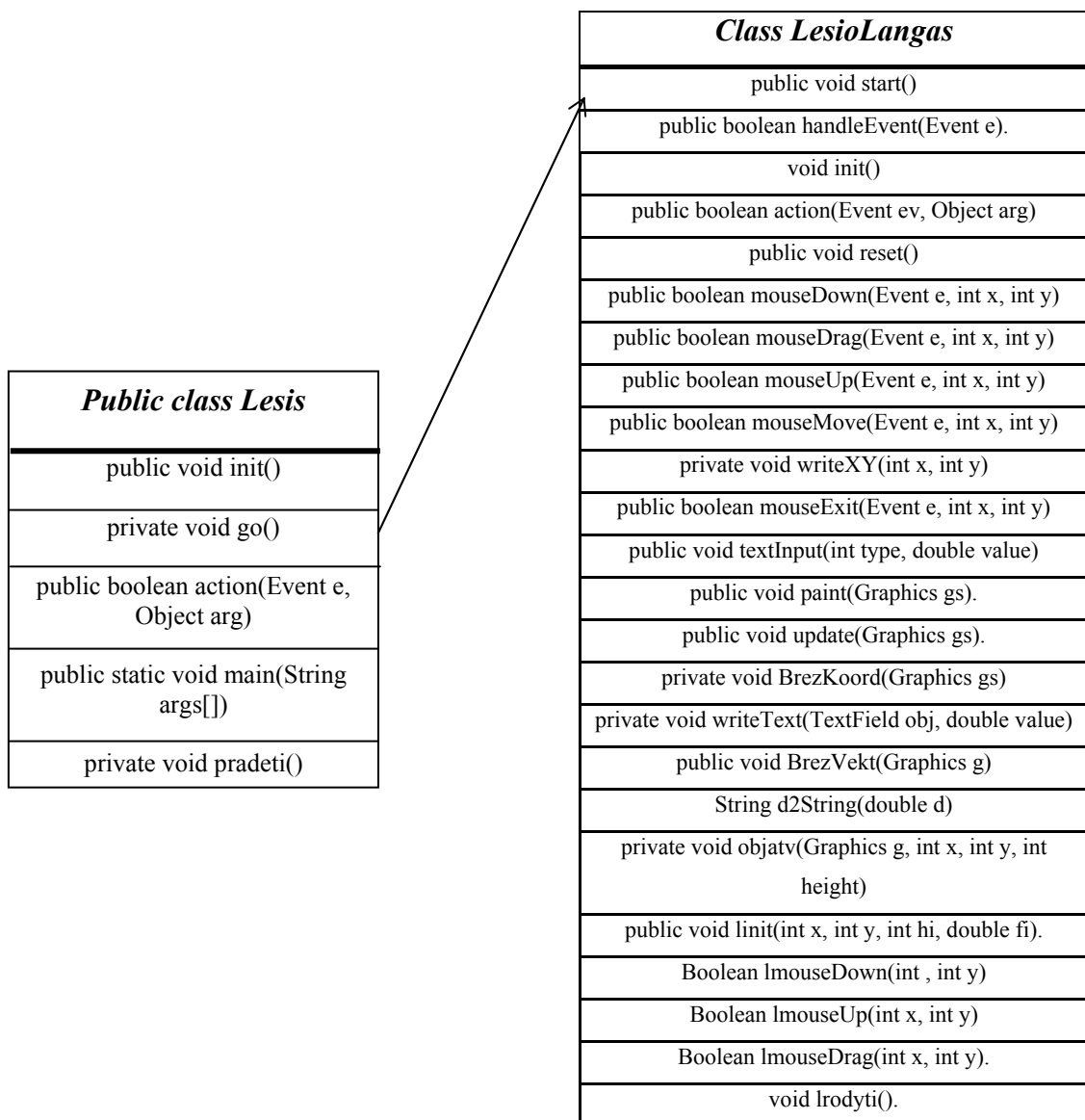
### Užduočių dokumentų struktūra

Dokumentų yra parengta 8: kiekvienai laboratorinio darbo užduočiai po skirtinga dokumentą. Į juos kreipiamasi iš hipertekstinio dokumento „pusl3“ pasirinkus nuorodą: UžduotisN.

Iš hipertekstinės mokymo priemonės, kurioje pateiktas mokymo kurso turinys, nuorodų pagalba patenkama į Microsoft Excel dokumentą su laboratorinių darbų užduotimis ir programą- modelį, kurioje nustačius reikiamas daikto atstumo iki lęšio matmenis galima stebėti kokios susidariusio vaizdo savybės. Microsoft Excel dokumente, užpildęs pateiktą lentelę, vartotojas gali stebėti diagramą, kurioje demonstruojamos priklausomybės nuo įvestų duomenų pagal uždavinio sąlygą. Pvz.: Glaudžiamuoju lęšiu gaunamo daikto vaizdo priklausomybė nuo daikto atstumo iki lęšio, koks ir kur susidarys daikto atvaizdas.

### 3.5. Programinių modulių specifikacijos

Programa „Modelis“ sukurta programavimo kalba – Java. Java programavimo kalba gerai tinka kurti programinei įrangai veikiančiai įvairiose aplinkose (Windows, Unix, Linux). Programos sukurtos šia kalba veikia nepriklausomai nuo sistemos ir kompiuterio architektūros. Programos pertvarkymai buvo atliekami laipsniškai, nuolat kompiliuojant programą ir atliekant jos funkcionavimo bandymus. Programą „Modelis“ galima paleisti kaip apletą ir kaip taikomąją programą su vartotojo sąsaja. Ją sudaro dvi klasės: *Lesis* ir *LesioLangas* (3.5.1. pav.). Klasėse panaudoti 57 pagalbinių kintamieji.



3.5.1. pav. Klasių diagrama

Klasė *Lesis* perima iniciacijos, darbo su programa pradžios ir pabaigos metodus. Klasės *Lesis* metodai aprašyti 4 lentelėje. Šioje klasėje suteikiamos kintamiesiems pradinės reikšmės:

```
String migtukas="Modelis";
String antraste="Sviesos sklidimas optiskai skaidriais kunais";
int Plotis = 600;
int Aukstis = 350;
LesioLangas m;
Color TSpalva=new Color(0xC8,0xDF,0xD0);
String rts,STR[]={ "Atnaujinti", "d", "f", "F", "g", "lesiai", "veidrodis", "Lygiagretusis" };
```

4 lentelė. Klasės *Lesis* metodai

Metodas	Paskirtis
public void init()	Naršyklė, suradusi HTML faile lauką <APLET>, pagal jo polaukio CODE turinį sukuria nurodytos klasės <i>Lesis.class</i> objektą ir iškviečia jo konstruktorių. Po to automatiškai vykdomas šis apleto inicializacijos metodas.
private void go()	Nustato pagrindinio lango parametrus kreipiasi į metodą start().
public boolean action (Event e, Object arg)	Registruoja įvykius objekte <i>LesioLangas</i> ir pagal juos nustato ar programą vykdyti kaip apletą.
public static void main(String args[] )	Programa vykdoma kaip taikomoji programa, o ne kaip apletas, kreipiasi į metodą go().
private void pradeti()	Sukuriamas objektas <i>LesioLangas</i> ir kreipiamasi į metodą start().

Klasė *LesioLangas* realizuoja įvykių apdorojimą, modelio piešimą ir skaičiavimus. Klasės *LesioLangas* metodai aprašyti 5 lentelėje. Šioje klasėje suteikiamos kintamiesiems pradinės reikšmės:

```
boolean bus_appletas;
boolean bus_lesis=true;
int yPrad=30;
double mast=10.;
```



<b>Metodas</b>	<b>Paskirtis</b>
public void start()	Kviečiamas automatiškai po init kiekvieną kartą apleto langui grįžtant į Web puslapį, procesams paleisti.
public boolean handleEvent (Event e)	Apleto panelės valdymo ranka metodas: uždarymui, vietos pakeitimui, paslėpimui.
void init()	Apleto inicializacijos metodas. Jo vykdymo metu sukuriama konteineris įvedimo laukų objektams, įrašomos pradinės reikšmės.
public boolean action(Event ev, Object arg)	Šis metodas užfiksuoja programos lango lauke įvykusį pasikeitimą: reikšmės įvedimą, mygtuko paspaudimą arba atitinkamą pasirinkimą ir perduoda naujai nuskaitytą reikšmę atitinkamiems metodams apdoroti.
public void reset()	Programos lango pradinių reikšmių atstatymo metodas.
public boolean mouseDown(Event e, int x, int y)	Pelės judėjimo įvykio registravimas.
public boolean mouseDrag(Event e, int x, int y)	Pelės traukiamo objekto įvykio fiksavimas.
public boolean mouseUp(Event e, int x, int y)	Pelės judėjimo už panelės ribų įvykio registravimas.
public boolean mouseMove(Event e, int x, int y)	Pelės judėjimo objekto panelėje koordinačių fiksavimas.
private void writeXY(int x, int y)	Pelės judėjimo panelėje koordinačių priskyrimas atitinkamam panelės objektui.
public boolean mouseExit(Event e, int x, int y)	Pelės išėjus už panelės ribų atitinkamame panelės lange įrašoma X,Y.
public void textInput(int type, double value)	Pagal naujai gautą reikšmę iš metodo public boolean action(Event ev, Object arg), šiame metode perskaičiuojamos atitinkamos reikšmės: daikto atstumo iki lęšio, atvaizdo atstumo nuo lęšio, lęšio židinio nuotolis arba laužiamoji geba.
public void paint(Graphics gs)	Šis metodas kviečiamas po pasikeitimo programos lange jam perpiešti pagal naujai paskaičiuotas reikšmes.

<b>Metodas</b>	<b>Paskirtis</b>
public void update(Graphics gs)	Šis metodas vykdo programos lango brėžinio perbraižymą pagal pasikeitusių parametrus. Perbraižomos koordinatinių ašys. Kreipiamasi į kitus metodus koordinatinių ašių sugraduoti ir objektui bei jo atvaizdai perbraižyti.
private void BrezKoord(Graphics gs)	Pagal parinktą mastelį sugraduojama koordinatinių ašis.
private void writeText(TextField obj, double value)	Metodas reikalingas pakeisti masteliui ir skaitinei reikšmei į tekstinę eilutę bei įrašyti jos reikšmę atitinkamame programos lango lauke.
public void BrezVekt(Graphics g)	Pagal įvestus parametrus perskaičiuojamos pasikeitusios brėžinio reikšmės ir perbraižomas daiktas, jo atvaizdas bei spinduliai.
String d2String(double d)	Metodas laužiamosios gebos reikšmei skaičiuoti.
private void objatv(Graphics g, int x, int y, int height)	Metodas pagal gautas reikšmes braižo daiktą ir atvaizdą.
public void linit(int x, int y, int hi, double fi)	Lėšio aukščiui paskaičiuoti.
Boolean lmouseDown(int , int y)	Nustatyti ar pelė nuspausta lėšio plote, ar bus judinamas lėšis.
Boolean lmouseUp(int x, int y)	Sugrąžina normalias lėšio proporcijas.
Boolean lmouseDrag(int x, int y)	Judinamas lėšis keičiamas jo dydis.
void lrodyti()	Skaičiuojamos lėšių koordinatės, jie braižomi. Taip pat braižomi papildomos linijos ir spinduliai.

### 3.6. Testavimo medžiaga

Mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ yra praėjusi keletą testavimo etapų.

Pirmas etapas – programos modulių automatinė statinė analizė. Testuojama: sintaksės korektiškumas, kintamųjų panaudojimas, valdymo blokų teisingumas, įvedimo/išvedimo klaidų analizė, programinė modulario sąsaja. Ši testavimą automatiškai atliko JBuilder 5 kompiliatorius. Atlikus derinimą, visi komponentai sėkmingai praėjo šį testą.

Antras etapas – programos modulių defektų testavimas. Keičiant kintamųjų reikšmes buvo praeinamos visos galimos programos modulių atšakos ir tikrinami atliktų skaičiavimų tikslumai pagal projektinės dalies formules. Sudaryta 6 lentelė.

6 lentelė. Kintamųjų reikšmių analizė

Keičiamas parametras	Programoje naudojamų parametru reikšmės keičiant vieną jų			
	<b>d</b>	<b>f</b>	<b>F</b>	<b>g</b>
Daikto atstumas nuo lėšio. <b>d</b>	20.0	20.0	10.0	1.0
	30.0	15.0	10.0	0.5
	40.0	13.3	10.0	0.33
	55.0	12.2	10.0	0.22
	15.0	30.0	10.0	2.0
	10.0	Nėra	10.0	100
	8.0	-39.3	10.0	-4.99
	7.0	-23.3	10.0	-3.33
	4.9	-9.6	10.0	1.96
Atvaizdo atstumas nuo lėšio. <b>f</b>	20.0	20.0	10.0	1.0
	15.0	30.0	10.0	2.0
	13.3	40.0	10.0	0.33
	12.2	55.0	10.0	0.22
	30.0	15.0	10.0	0.5
	Nėgzistuoja	10.0	10.0	100
	39.9	13.9	10.0	0.33
	7.0	-23.3	10.0	-3.33
	4.9	-9.6	10.0	1.96

Keičiamas parametras	Programoje naudojamų parametrų reikšmės keičiant viena jų			
	<b>d</b>	<b>f</b>	<b>F</b>	<b>g</b>
Lėšio židinio nuotolis. <b>F</b>	20.0	1.0	1.0	0.05
	20.0	6.6	5.0	0.33
	20.0	46.6	14.0	2.33
	20.0	Nėra	20.0	100
	20.0	-92.7	25.5	4.63
	20.0	-18	-2.0	-0.09
	20.0	-10.0	-20	-0.5
	20.0	-30.0	60	-1.5
	20.0	1.6	1.5	0.08

Atlikus šį testavimo etapą, nustatyta, kad reikiamame reikšmių diapazone programa skaičiuoja pakankamai teisingai.

Trečias etapas - mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ testuota fizikos mokytojų: Kulautuvos vaikų tuberkuliozės ligoninės mokykloje, Kauno „Aušros“ gimnazijoje ir Vydūno pagrindinėje mokykloje. Testuota: atitikimas mokymo programai, sintaksės korektiškumas, nuorodų tikslumas, laboratorinių darbų korektiškumas, instrukcijos aiškumas, modelio tinkamumas. Aptiktos klaidos pašalintos.

Ketvirtas etapas – testavimas atliktas naudojant vidutinės klasės PC kompiuterį (Pentium 4, 1,60 GHz, 261 MB RAM, Microsoft Windows 2000). Testuojant buvo stengiamasi priversti programą skaičiuoti su nekorektiškais pradinėmis reikšmėmis. Prie tam tikrų vartotojo veiksmų programa „pakibdavo“, o prie tam tikrų įėjimo duomenų programa teikdavo nerealias reikšmes. Šio testavimo tikslas – nustatyti pradinių duomenų intervalus, bei leistinus vartotojo veiksmus. Pasinaudojus šio testo rezultatais vartotojui uždrausta įvesti atitinkamas reikšmes bei atlikti nepageidautinus veiksmus.

## 4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

### 4.1. Sistemos funkcinis aprašymas

Remiantis apžvelgtomis jau sukurtomis optinių reiškinių modeliavimo programomis, sukurta pagrindinės mokyklos fizikos mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“. Šios priemonės pagalba vartotojas galės pakartoti arba mokytis fizikos X klasės optikos kurso skyriaus „Lėšiai ir optiniai prietaisai“. Teorinė medžiaga priemonėje pateikiama hipertekstu, kas sudaro galimybę pakartoti ar praleisti mokomąją medžiagą. Teorinė medžiaga suskaidyta temomis, iliustruojama paveikslais bei pavyzdžiais. Tekstinės medžiagos apimtis minimali, kiekvienai temai parengti savikontrolės klausimai. Prie pavyzdžių pateikiamos užduotys laboratoriniams darbams. Kiekvienam laboratoriniam darbui atlikti paruošta individuali užduotis. Laboratoriniams darbams atlikti priemonėje panaudota programa lėšiais gaunamų atvaizdų braižymui. Pagrindinis programos tikslas - sudaryti moksleiviams galimybę modeliuoti glaudžiamą ir sklaidomą lęšių pagalba daiktų atvaizdus. Programa veikia įvedant duomenis ranka arba keičiant juos pelės pagalba. Programinė įranga modelyje leidžia: keisti daikto atstumą nuo lęšio, daikto aukštį, vaizdo atstumą nuo lęšio, stebėti parametrų pasikeitimus pakeitus vieną jų, pasirinkti sklaidomąjį arba glaudžiamąjį plonuosius lęšius, nustatyti bet kurio taško koordinates lęšio atžvilgiu bet kuriuo metu.

### 4.2. Sistemos vartotojo vadovas

Mokymo priemonės „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ pagalba galima atlikti tokius veiksmus: pasikartoti pagrindinės mokyklos optikos kursą, išmokti naujas sąvokas ir formules, įsivertinti savo žinias atliekant savikontrolės klausimus, atlikti optinių reiškinių modeliavimą, pasinaudojant modeliais atlikti laboratorinius darbus, išsaugoti laboratorinių darbų rezultatus, peržiūrėti naudojantis gautais rezultatais atliktus analizės grafikus, pasiremiant optikos reiškinių modelių analize daryti pastebėjimus, bei išvadas apie jų dėsningumus, atspausdinti laboratorinių darbų analizės grafikus bei lenteles.

Šia mokymo priemone gali naudotis turintis pagrindinius darbo su kompiuteriu įgūdžius vartotojas. Priemonė sukurta taip, kad ja naudotis nereiktų papildomų įgūdžių ar kursų. Prie laboratoriniams darbams atlikti skirto modelio pridėta nuoroda į instrukciją paaiškinančią kaip juo naudotis.

Pradedant darbą, reikia „Optika“ kataloge pasileisti bylą *index.htm*. Atsidaro pradinis langas (1 priedas) su trumpa mokyklinio optikos kurso santrauka ir nuorodomis į kitus puslapius. Mokymo priemonėje pasirinkimus galima vykdyti pele arba standartiniais klaviatūros klavišais (Tab ir Enter). Pasirinkimų seką vykdo pats vartotojas.

Pasirinkus pirmąjį turinio nuorodą patenkama į puslapį, kuriame apsibrėžiamas lęšis (2 priedas), supažindinama su lęšių įvairove. Iš šio puslapio numatyta galimybė patekti į savikontrolės klausimų langą arba grįžti į pradinį, titulinį puslapį.

Pasirinkus antrąjį turinio nuorodą patenkama į puslapį, kuriame supažindinama su pagrindinėmis lęšius apibūdinančiomis sąvokomis, formulėmis, žymėjimais, uždavinių sprendimo taisyklėmis (3 priedas). Iš šio puslapio numatyta galimybė patekti į savikontrolės klausimų langą arba grįžti į pradinį, titulinį puslapį.

Pasirinkus trečiąjį turinio nuorodą „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ patenkama į puslapį skirta pasiruošti atlikti laboratorinius darbus (4 priedas). Šiame puslapyje paruoštos ir pagrįstos teorija aštuonios užduotys kurias pasirinkti galima pageidaujama tvarka. Užduotims atlikti naudojama programa – modelis „Šviesos sklidimas optiškai skaidriais kūnais“ (5 priedas) ir kiekvienai užduočiai atlikti skaičiuoklėje sukurta po Ms Excel dokumentą (6 priedas). Prieš atliekant užduotis rekomenduojama susipažinti su instrukcija, kuri gaunama pasirinkus nuorodą „instrukcija“ (7 priedas).

### Programos funkcijos

Programos paleidimo metu atitinkami programos vykdymo lango laukai yra užpildyti pradiniais duomenimis (4.2.1. paveikslas). Į lauką įvedus netinkamą įrašą programa atstato pradines reikšmes. Pakeitus reikšmes laukuose atitinkamai pasikeičia ir modelio vaizdas.

d  f  F   g

4.2.1. pav. Pradinės reikšmės

- Daikto atstumo nuo lęšio pasirinkimas

Funkcija skirta pakeisti daikto vietą lęšio atžvilgiu. Tai atliekama lauke, kurio pavadinimas d įvedus kitą skaičių.

- Daikto aukščio keitimas

Daikto aukštis keičiamas pelės pagalba, bakstelint ja daiktą vaizduojanti vektorių ir velkant iki pageidautino aukščio.

- Atvaizdo atstumo nuo lęšio pakeitimas

Vykdomas lauke, kurio pavadinimas f įvedus kitą skaičių.

- Lęšio židinio nuotolio keitimas

Vartotojas turi galimybę stebėti kaip keičiasi atvaizdo atstumas iki lęšio  $f$  ir laužiamoji geba  $g$  priklausomai nuo lęšio židinio nuotolio. Į lauką  $F$  įrašius kitą skaičių yra pakeičiamas lęšio židinio nuotolis.

- Sklaidomojo arba glaudžiamajo plonųjų lęšių pasirinkimas

Paspaudus mygtuką prie lęšio židinio nuotolio  $F$  jo reikšmė pasikeičia į priešingą, tuo būdu pasikeičia ne tik židinio nuotolio ženklas, bet ir atitinkamai lęšis: glaudžiamasis į sklaidomąjį arba sklaidomasis į glaudžiamąjį.

- Taško koordinacių nustatymas

Bet kuriuo metu, programos lango kairiajame kampe, galima stebėti pele rodomo taško modelio lange koordinatas. Koordinacių pradžia yra lęšio centras.

- Vaizdo gražinimas į pradinį.

Esant mažiems modelio matmenims vaizdas su įvairioms laukų įvedimo reikšmėms tampa nerealus. Paspaudus modelio lange mygtuką su užrašu „Atnaujinti“ vaizdas gražinamas į pradinę padėtį.

### **Ms Excel dokumentų funkcijos**

Leidžiama pasirinkti įvedamus duomenis.

Leidžiama įrašyti, taisyti ir keisti duomenis lentelėje.

Rodyti iš vartotojo lentelės gautą stulpelinę diagramą, vaizduojančią priklausomybes.

Rodyti vartotojo ekrane atliktos užduoties analizę.

Leidžiama iš gautos diagramos išvadas pateikti raštu.

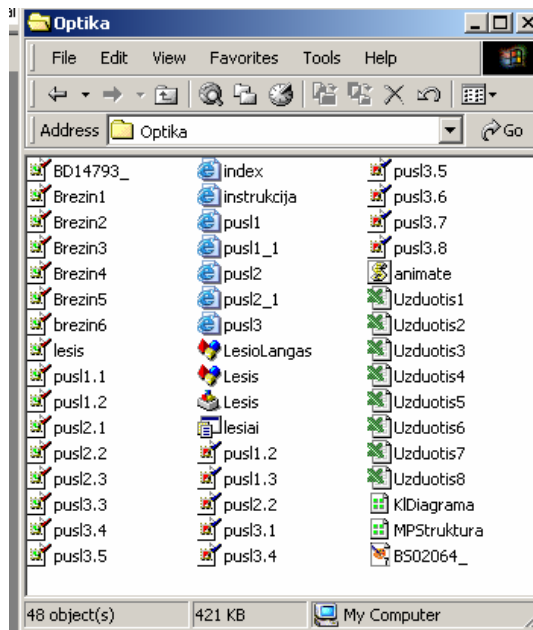
Sudaryta galimybė atsispausdinti užduoties rezultatus, bei analizės išvadas.

### **4.3. Sistemos instaliavimo dokumentas**

Mokymo priemonė „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ gali veikti Microsoft Windows 95, 98-98 SE, 2000, 2000 NT, XP operacinių sistemų aplinkose. Norint ją paleisti kompiuteryje turi būti instaliuota Internet Explorer 5.5 arba naujesnė šios naršyklės versija. Laboratoriniams darbams atlikti kompiuteryje turi būti instaliuota skaičiuoklė Microsoft Excel 2000.

Sistamai įdiegti reikalinga laisva vieta kietajame diske yra 584 KB.

Mokymo priemonė telpa į vieną diskelį. Įdiegiant, katalogą „Optika“ iš diskelio reikia nukopijuoti į norimą diską. Kataloge turi matytis 45 failai (4.3.1. pav.).



4.3.1. pav. Katalogo „Optika“ turinys

Norint paleisti programą reikia kataloge „Optika“ surasti failą „index.htm“ ir bakstelėti jį pele du kartus. Programa iš kompiuterio pašalinama ištrinant katalogą „Optika“.

Reikalavimai sistemai:

- Procesorius 486 arba tobulesnis;
- Ne mažiau kaip 64 KB operatyviosios atminties;
- Operacinė sistema: Windows 95/98-98 SE, Windows 2000, Windows NT;
- Displėjus: palaikantis 800x600 arba geresni režimą;
- Spalvotas spausdintuvas, spausdinantis A4 formatu;
- Pelė;
- Klaviatūra.

#### 4.4. Sistemos administratoriaus vadovas

Mokymo priemonė „Lešiais gaunamų atvaizdų braižymas“ veikia be jokios papildomos techninės įrangos. Jei pageidaujama laboratorinius darbus spausdinti reikalingas prijungtas ir instaliuotas spalvotas spausdintuvas. Jokių specialių pranešimų susijusių su operacinės sistemos nesuderinamumu nėra.



## 5. PRIEMONĖS KOKYBĖS ĮVERTINIMAS

Mokymo priemonė „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ pasiekama internete adresu: <http://www.freewebs.com/opfizika/optika/index.htm> . Ji naudota Kulautuvos vaikų tuberkuliozės ligoninės mokykloje, Kauno „Aušros“ gimnazijoje ir Vydūno pagrindinėje mokykloje. Po bandomojo priemonės panaudojimo vartotojai buvo apklausti. Į klausimą „ar ateityje naudosis priemone“ visi atsakė teigiamai. Į klausimą „kas patiko mokymo priemonėje“ atsakė, kad „nesudėtingas valdymas“, „labai tinka temai aiškinti“, „susitaupo pamokos laikas“, „kiekvienas gali individualiai ir nepriklausomu tempu atlikti laboratorinius darbus“.

Mokymo priemonės „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ laboratoriniams darbams atlikti programą „Modelis“ palyginsime su panašia programa. Naudojantis skirtingomis programavimo kalbomis: Java (9 priedas) ir Visual Basic (10 priedas) galima sukurti visiškai vienodai veikiančias programas. Šios programos skirsis realizavimo kodu, užimama vieta kompiuterio laikmenoje, įvykių apdorojimo greičiu. Vartotojo požiūriu jos veikia vienodai.

### **Kiekybinis palyginimas**

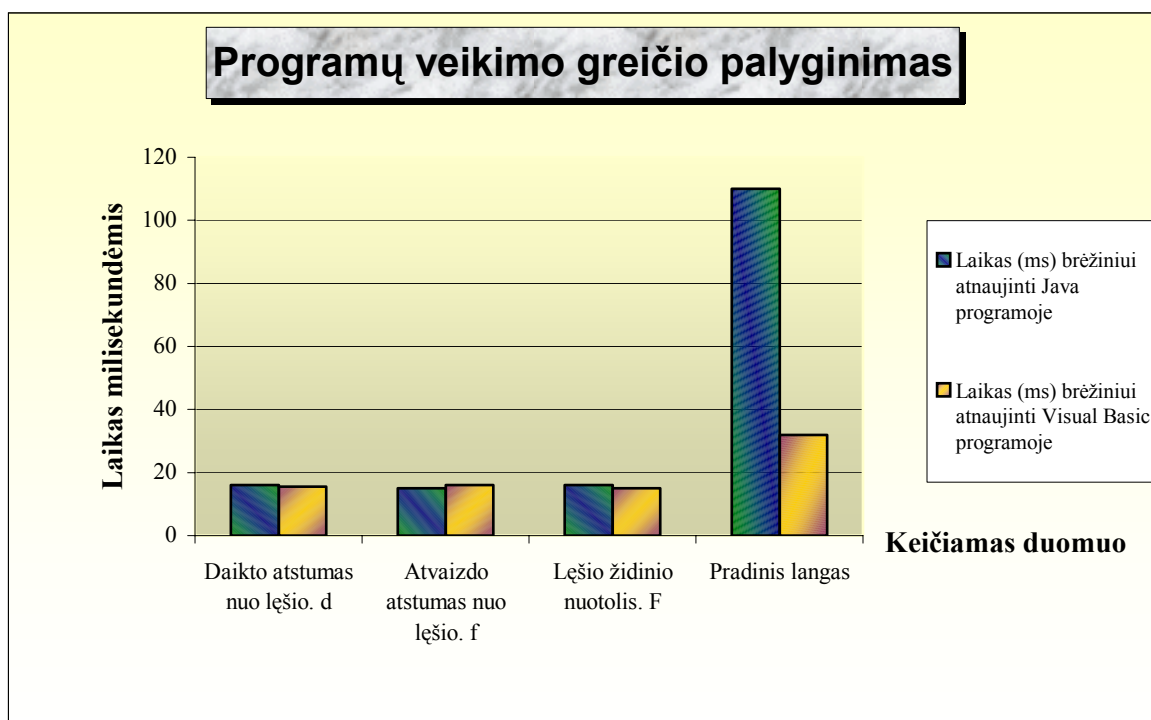
Java – objektiškai orientuota, griežtai tipizuota, nepriklausanti nuo kompiuterio architektūros, daugiaprocesė programavimo kalba, kurios esmė – klasės. Naudojantis ja galima kurti Java appletus, kurie paleidžiami naršyklių papildymo programomis Java Plug-in. Šios programos automatiškai įjungiamos į naršyklės. Appletą naršyklė vykdo pati: stabdo jį pereinant į kitą langą, perpiešia keičiant lango dydį ir t.t. Appletas skirtas atlikti mokymo priemonės „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ laboratoriniams darbams „Modelis“ užima 41,6 KB (42.671 bytes) vietos kompiuterio diske. Jį sudaro 5 failai: projektas „lesiai“, dvi klasės, pagrindinė programa ir paveikslėlis. Pagrindinę programą sudaro 620 jos kodo eilučių: 2 konstruktoriai, 31 metodas.

Visual Basic – objektinė programavimo kalba. Čia objektams programuoti yra parengtos specializuotos paprogramės (Event Procedure), reaguojančios į tam tikras situacijas. Programa skirta atlikti mokymo priemonės „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ laboratoriniams darbams „Šviesos sklaidimas optiškai skaidriais kūnais“ užima 44,0 KB vietos kompiuterio diske. Tai 1 pasileidžiantis failas „VisualB\_lesis“. Programą sudaro 396 kodo eilutės.

Kad įvertinti Java bei Visual Basic programavimo kalbomis parašytų programų veikimo greitį, jos buvo papildytos atitinkamomis funkcijomis įvykių apdorojimo greičiui matuoti. Per kiek laiko pakeitus įvedamus duomenis yra perbraižomas modelio brėžinys atsispindi 7 lentelėje ir 5.1. paveiksle.

7 lentelė. Laikas brėžiniui atnaujinti programose

Keičiamas duomuo	Daikto atstumas nuo lęšio. <b>d</b>	Atvaizdo atstumas nuo lęšio. <b>f</b>	Lęšio židinio nuotolis. <b>F</b>	Pradinis langas
Laikas (ms) brėžiniui atnaujinti Java programoje	16	15	15	110
Laikas (ms) brėžiniui atnaujinti Visual Basic programoje	15,6	16	15	32



5.1. pav. Programų veikimo greitis

Akivaizdu, kad programų veikimo greitis yra panašus. Jis priklauso nuo kodo, kurį tenka apdoroti kompiuteriui, kad pakeisti vaizdą ekrane.

## **Kokybinis palyginimas**

### *Patogumas realizacijai*

Mokymo priemonės „Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ laboratoriniams darbams atlikti skirta programa „Modelis“ parašyta išimtinai Java kodu, todėl efektyviai išnaudoja resursus, leidžia pasirinkti norimą komponentų išvaizdą. Tačiau programavimo požiūriu kodo struktūros gana klaidžios.

Analogiška programa parašyta Visual Basic programavimo kalba vizualiai nesiskiria nuo Java apleto. Visual Basic programavimo kalboje yra parengti įrankiai programos pulto objektams kurti, patys objektai, specializuotosios paprogramės objektams programuoti. Objektų savybės keičiamos naudojantis parametrais programos parametrų lange. Šios programos kodas daug paprastesnis ir programą skaityti bei realizuoti paprasčiau.

### *Patogumas naudojimui*

Rašant programas buvo siekiama, kad naudotis jomis galėtų ir turintys minimalius darbo įgūdžius kompiuteriu. Naudojimas abejomis programomis yra absoliučiai vienodas, nes vartotojui skirti langai turi vienodus laukus, nesiskiria: Java apleto (4 priedas) ir Visual Basic (5 priedas). Galima reikšmes įvedinėti pageidaujamus laukus pasirenkant pelės pagalba arba klaviatūros mygtuku „Tab“. Naudojimas programomis labai panašus kaip ir bet kurios kitos Windows aplinkos programos.

### *Programų palyginimo išvados*

Tiek kiekybiniu, tiek kokybiniu požiūriu abi programos yra panašių charakteristikų. Užimama vieta kompiuterio laikmenoje yra panaši. Nesiskiria įvykių apdorojimo greitis ir galimybės.

## 6. IŠVADOS

1. Sukurta mokymo priemonė „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“, pagrindinės mokyklos fizikos mokojo dalyko skyriaus „Lėšiai ir optiniai prietaisai“ mokymui kompiuterizuoti.
2. Parengta mokymo priemonės dokumentacija: reikalavimų specifikacija, projektas, vartotojo dokumentacija.
3. Atliktas mokymo priemonės „Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas“ testavimas.
4. Programa naudojama mokymo priemonėje palyginta su analogiška programa sukurta kita programavimo kalba.
5. Mokymo priemonė yra efektyvi kai reikia tirti daug skirtingų lėšių pagalba gaunamų atvaizdų.
6. Mokymo priemonė tenkina vartotojų poreikius atliekant fizikos skyriaus „Lėšiai ir optiniai prietaisai“ mokymą bei atliekant šio skyriaus laboratorinius darbus.
7. Mokymo priemonė įdiegta ir panaudota keliose mokymo įstaigose.
8. Mokymo priemonė pasiekama internete adresu:  
<http://www.freewebs.com/opfizika/optika/index.htm>

## 7. LITERATŪRA

1. Konferencija „Informacijos technologija mokykloje“: pranešimų medžiaga.- Vilnius, 2000. –208p.
2. Iš *Mokymo programos* [interaktyvus]. 2002, gruodis [žiūrėta 2003-10-09]. Prieiga per Internetą: <http://www.emokykla.lt/nuoroda.php?h=mokymopr/laisvamp.htm>
3. Skorulskienė R. Informacijos ir komunikacijos technologijų taikymas fizikos ir astronomijos pamokose// Informacijos technologija mokykloje: konferencijos pranešimų medžiaga [Vilnius, 2000 m. gruodžio 7, 8 d.]. Vilnius, 2000, p.129-131.
4. Dagienė Valentina. Infotestas. Iš *Testų kūrimo ir vykdymo programa* [interaktyvus]. 2001, vasaris [žiūrėta 2003-01-09]. Prieiga per Internetą: <http://www.infotestas.lt/>.
5. Ivan Krastev. Iš *Modas* [interaktyvus]. 1999, sausis [žiūrėta 2002-04-18]. Prieiga per Internetą: <http://members.kabsi.at/i.krastev/modas.html>
6. Maus und Daniel Roth. Iš *OptiCalc* [interaktyvus]. 1999, birželis [žiūrėta 2002-05-08]. Prieiga per Internetą: [http://www.optis.fr/software/html\\_software/opticalc/software\\_opticalc.htm](http://www.optis.fr/software/html_software/opticalc/software_opticalc.htm)
7. Paul Falstad. [interaktyvus]. 2002, sausis [žiūrėta 2002-05-18]. Prieiga per Internetą: <http://www.falstad.com/wavebox/>
8. Maus und Daniel Roth. Iš *Simulation opticsBench* [interaktyvus]. 2002, sausis [žiūrėta 2002-05-22]. Prieiga per Internetą: [http://www.netzmedien.de/shop/evaluation/13/index\\_uk.html](http://www.netzmedien.de/shop/evaluation/13/index_uk.html)
9. Dr. Habib Hamam. Iš *Optical Systems* [interaktyvus]. 2001, vasaris [žiūrėta 2002-04-20]. Prieiga per Internetą: <http://mapageweb.umontreal.ca/hamamh/Simul.htm>
10. Project Supervisor – Dave Whittington [interaktyvus]. 1996/1997, gruodis [žiūrėta 2002-05-14]. Prieiga per Internetą: <http://cvu.strath.ac.uk/courseware/msc/jbaggot/aberration/aberration.html>
11. Iš Physics lectures [interaktyvus] 2002, sausis [žiūrėta 2003-01-17]. Prieiga per internetą: <http://wug.physics.uiuc.edu/courses/phys112/fall02/Lectures/Lect26.ppt>
12. Dr.Alexander Cartwright. Iš *Fotometrijos mokymas* [interaktyvus]. 2001, sausis [žiūrėta 2002-05-20]. Prieiga per Internetą: <http://www-ee.eng.buffalo.edu/faculty/cartwright/photronics/photronics/SingleLensSys/index.html>

13. Iš *Optical Ray Tracer* [interaktyvus]. 1998, gruodis [žiūrėta 2002-05-20]. Prieiga per Internetą: <http://www.cs.unc.edu/~naiks/comp235/p2/>
14. Pascal Renult. Iš *Rainbows Phisics* [interaktyvus]. 2000, balandis [žiūrėta 2002-05-21]. Prieiga per Internetą: <http://users.erols.com/renau/rainbow.html>
15. Xavier Potier. Iš *Our Lens* [interaktyvus]. 2000, vasaris [žiūrėta 2002-05-28]. Prieiga per Internetą: <http://javaboutique.internet.com/Lens/>
16. Valentinavičius V. Fizika: vadovėlis X klasei. V.: Šviesa, 1999. –252p.

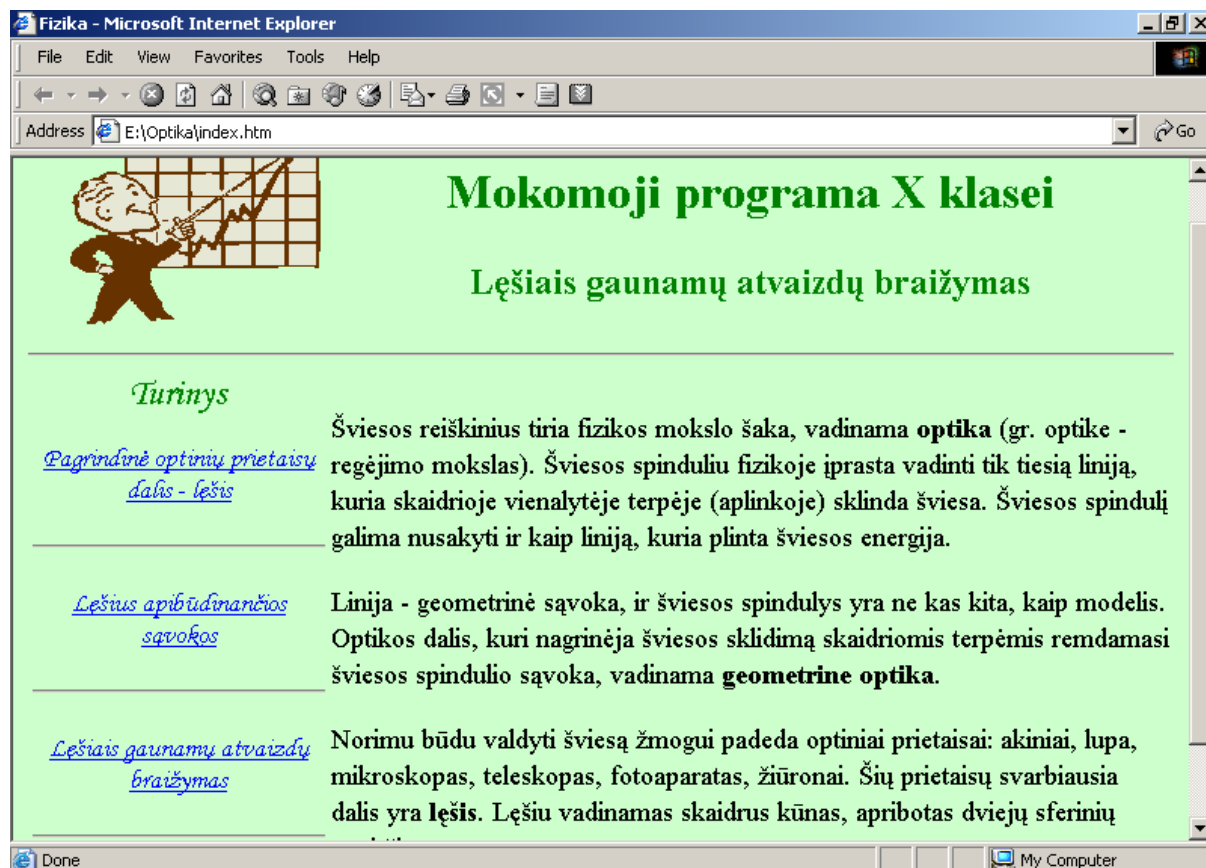
## 8. SUMMARY

Spreading information technology became an actual thing in our life and for our schools. In Lithuanian schools computer teaching programs in Lithuanian language are missing. Destination of this research work shows some existing optical physics programs possibilities.

Using optical physics programs and this research work, was created teaching program for 10 classes primary schools. Prepared train documentation for teachers and tested into practice.

## 9. PRIEDAI

1 priedas. Pradinis langas su nuorodomis į kitus puslapius



Fizika - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address E:\Optika\index.htm

# Mokomoji programa X klasei

## Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas

### Turinys

[Pagrindinė optinių prietaisų dalis - lėšis](#)

Šviesos reiškinius tiria fizikos mokslo šaka, vadinama **optika** (gr. optike - regėjimo mokslas). Šviesos spinduliu fizikoje įprasta vadinti tik tiesią liniją, kuria skaidrioje vienalytėje terpėje (aplinkoje) sklinda šviesa. Šviesos spindulį galima nusakyti ir kaip liniją, kuria plinta šviesos energija.

[Lėšius apibūdinančios sąvokos](#)

Linija - geometrinė sąvoka, ir šviesos spindulys yra ne kas kita, kaip modelis. Optikos dalis, kuri nagrinėja šviesos sklidimą skaidriomis terpėmis remdamasi šviesos spindulio sąvoka, vadinama **geometrine optika**.

[Lėšiais gaunamų atvaizdų braižymas](#)

Norimu būdu valdyti šviesą žmogui padeda optiniai prietaisai: akiniai, lupa, mikroskopas, teleskopas, fotoaparatas, žiūronai. Šių prietaisų svarbiausia dalis yra **lėšis**. Lėšiu vadinamas skaidrus kūnas, apribotas dviejų sferinių

Done My Computer



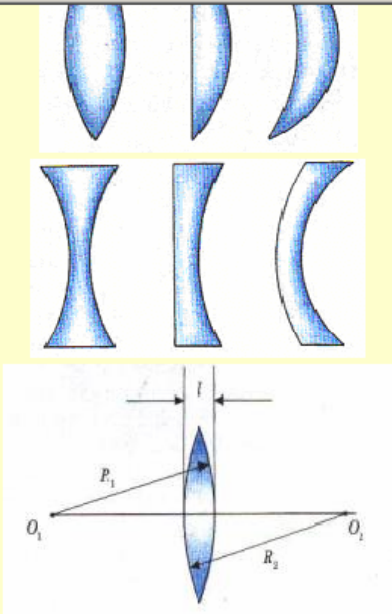
2 priedas. Lęšių apibrėžimas su nuoroda į kontrolinius klausimus

Lešiai - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address E:\Optika\pusl1.htm

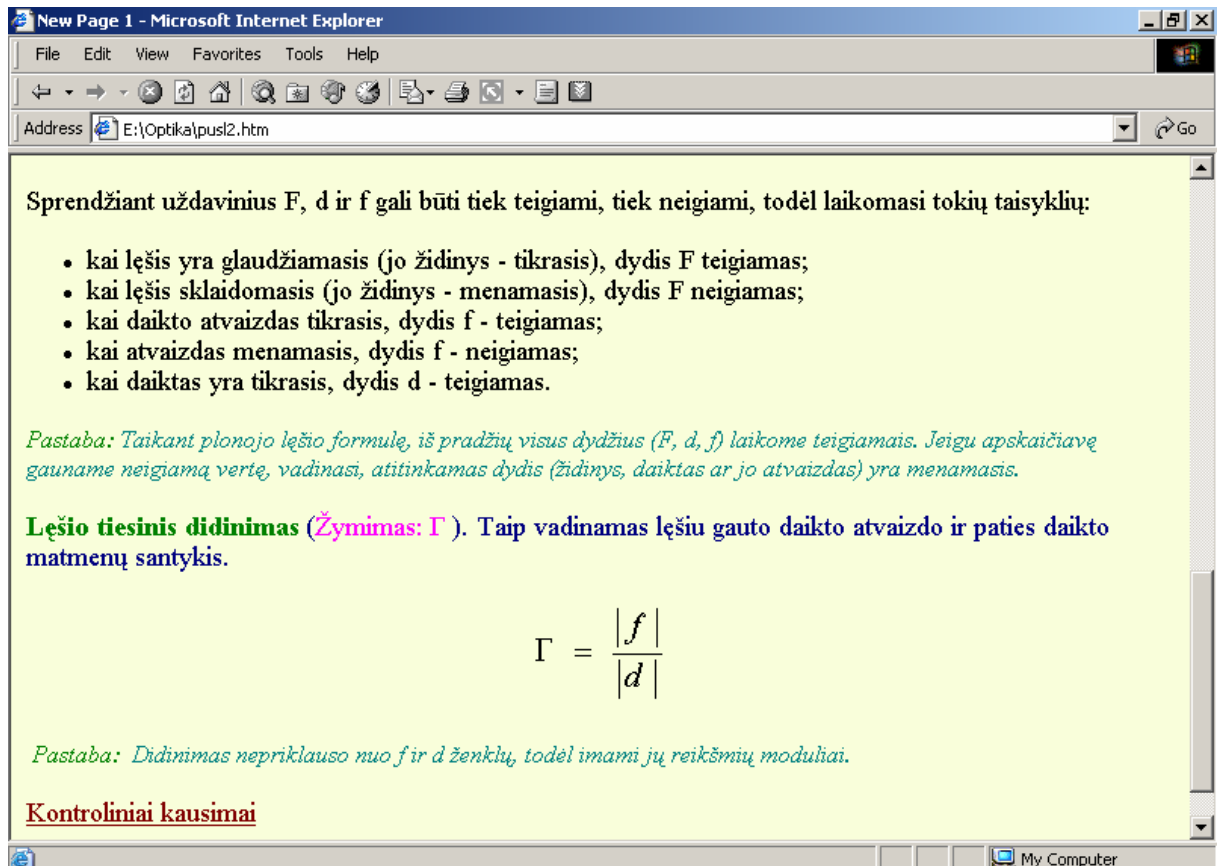
- iškiliuosius, arba glaudžiamuosius, kurie per vidurį yra storesni negu kraštuose;
- įgaubtuosius, arba sklaidomuosius, kurie per vidurį yra plonesni negu kraštuose;
- lęšiai, kurių storis  $l$  labai mažas, palyginti su paviršių kreivumo spinduliais  $R_1$  ir  $R_2$ , vadinami plonaisiais.



[Kontroliniai klausimai](#) [atgal](#)

My Computer

### 3 priedas. Lęšius apibūdinančios sąvokos, formulės, žymėjimai



Sprendžiant uždavinius  $F$ ,  $d$  ir  $f$  gali būti tiek teigiami, tiek neigiami, todėl laikomasi tokių taisyklių:

- kai lęšis yra glaudžiamasis (jo židinys - tikrasis), dydis  $F$  teigiamas;
- kai lęšis sklaidomasis (jo židinys - menamasis), dydis  $F$  neigiamas;
- kai daikto atvaizdas tikrasis, dydis  $f$  - teigiamas;
- kai atvaizdas menamasis, dydis  $f$  - neigiamas;
- kai daiktas yra tikrasis, dydis  $d$  - teigiamas.

*Pastaba: Taikant plonojo lęšio formulę, iš pradžių visus dydžius ( $F$ ,  $d$ ,  $f$ ) laikome teigiamais. Jeigu apskaičiavę gauname neigiamą vertę, vadinasi, atitinkamas dydis (židinys, daiktas ar jo atvaizdas) yra menamasis.*

**Lęšio tiesinis didinimas (Žymimas:  $\Gamma$ ).** Taip vadinamas lęšiu gauto daikto atvaizdo ir paties daikto matmenų santykis.

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}$$

*Pastaba: Didinimas nepriklauso nuo  $f$  ir  $d$  ženklų, todėl imami jų reikšmių moduliai.*

**Kontroliniai klausimai**

## 4 priedas. Puslapis skirtas pasiruošti atlikti laboratorinius darbus

Optika - Microsoft Internet Explorer

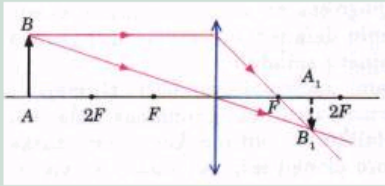
File Edit View Favorites Tools Help

Address E:\Optika\pusl3.htm


Prieš atlikdami užduotis susipažinkite su naudojimosi modeliu [instrukcija](#). Modelis

### I Glaudžiamuoju lęšiu gaunami atvaizdai:

1. Daiktas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu. Šiuo atveju atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje tarp [pagrindinio židinio](#) ir taško, nutolusio nuo lęšio dvigubu židinio nuotoliu. Atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas ir sumažintas. [Užduotis1](#)



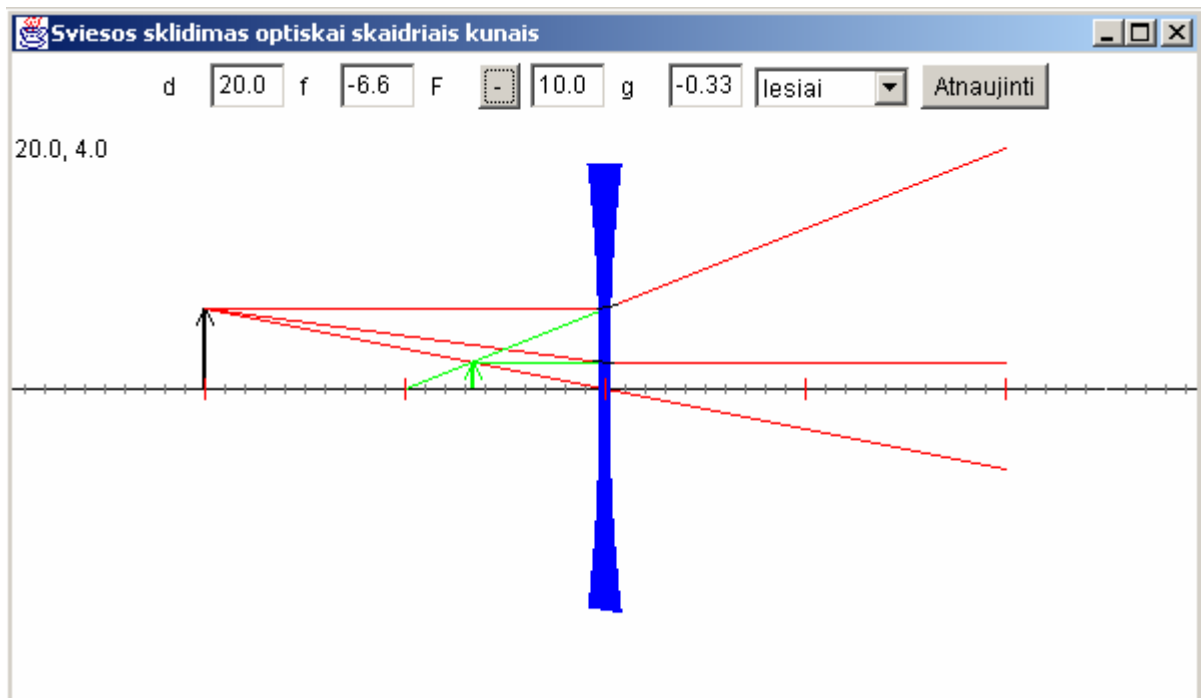
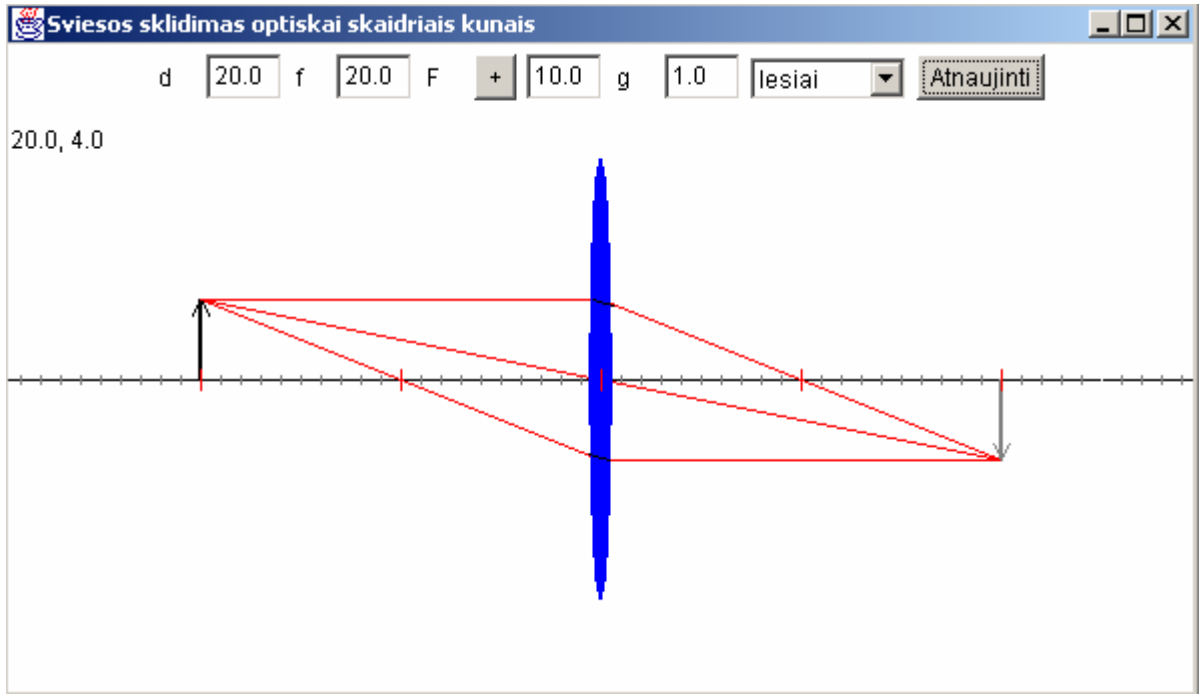
2. Daiktas pastatytas dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio. Daikto atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas, natūralaus dydžio. Atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje dvigubu židinio nuotoliu. [Užduotis2](#)



Applet Lesis started

My Computer

5 priedas. Užduotims atlikti naudojama programa – modelis „Šviesos sklaidimas optiškai skaidriais kūnais“



Užduotis1 - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Insert Format Tools Data Favorites Help Help

Address E:\Optika\Uzduotis1.xls

F2 = F=

1 **Užduotys**

2 1. Įveskite lęšio židinio nuotolį: **F=** 10 ,  $d > 2 \cdot F$ .

3 Iš brėžinio surašykite d, H ir f reikšmes į lentelę:

d	H	f
1	21	3,6
2	25	2,7
3	30	2
4	40	1,4
5	55	0,8

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18 **2. Suformuluokite išvadas:**

19 1 Didėjant daikto atstumui nuo lęšio, daikto vaizdas **mažėja**.

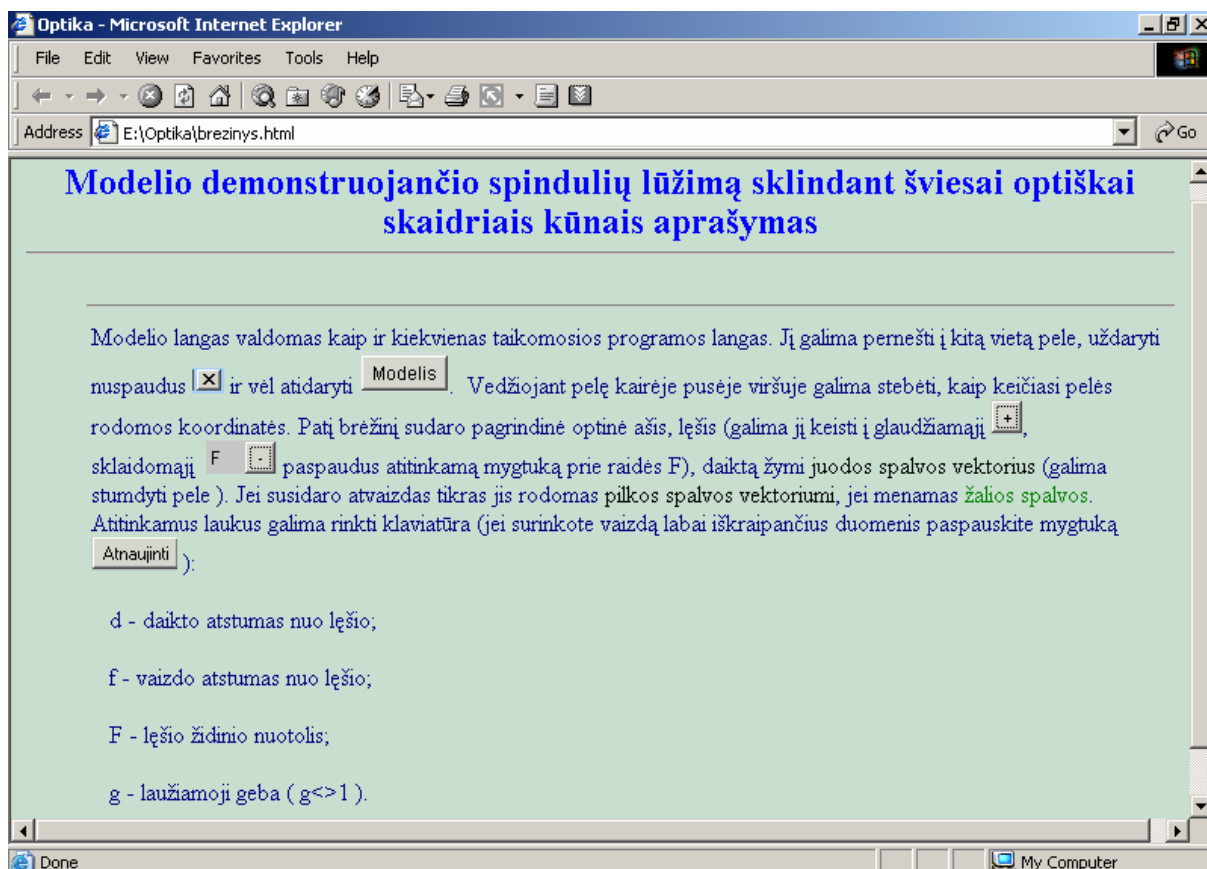
20 2 Didėjant daikto atstumui nuo lęšio, daikto vaizdo atstumas nuo lęšio **mažėja**.

Sheet1 / Sheet2 / Sheet3 /

Unknown Zone

**Glaužiamuoju lęšiu gaunamo objekto atvaizdo priklausomybė nuo jo atstumo iki lęšio**

Object Distance (d)	Image Distance (d)	Image Height (H)	Image Distance (f)
1	21	3,6	19
2	25	2,7	16,6
3	30	2	15
4	40	1,4	13,3
5	55	0,8	12,2



## ***SAVIKONTROLĖS KLAUSIMAI SUDARYTI KIEKVIENAI TEMAI***

### *Pagrindinė optinių prietaisų dalis - lęšis*

1. *Ką nagrinėja geometrinė optika?*
2. *Kaip suprantate sąvoką - šviesos spindulys?*
3. *Ką vadiname kritimo kampu?*
4. *Ką vadiname lūžio kampu?*

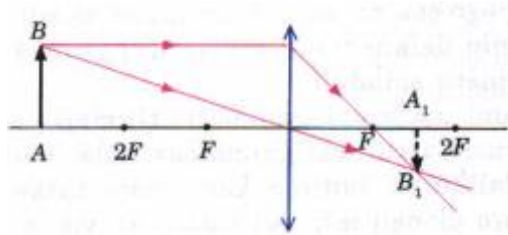
5. *Ką vadiname krintančiuoju spinduliu?*
6. *Ką vadiname lūžusiu spinduliu?*
7. *Ką vadiname terpe?*
8. *Ar krintantis ir atsispindėjęs spinduliai gali būti apgręžiami?*
9. *Kaip išsidėstę krintantis ir atsispindėjęs spinduliai erdvėje?*
10. *Kas yra vienoje plokštumoje su kritusiu ir lūžusiu šviesos spinduliais?*

### *Lęšius apibūdinančios sąvokos*

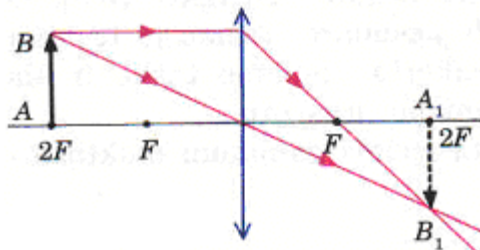
1. *Kokį kūną vadinami lęšiais?*
2. *Kokį kūną vadinami skaidriais kūnais?*
3. *Ar galime lęšiu vadinti skaidrų kūną, apribotą dviem šviesą laužiančiais paviršiais, kai vienas jų sferinis, o kitas - plokščias?*
4. *Kaip vadinamas lęšis, kuris per vidurį storesnis negu kraštuose?*
5. *Kaip vadinamas lęšis, kuris per vidurį plonesnis negu kraštuose?*
6. *Kaip vadinami lęšiai, kurių storis yra labai mažas palyginti su paviršių kreivumo spinduliais?*
7. *Kokį lęšį vadinami storaisiais?*
8. *Ką vadiname lęšio storiu?*
9. *Ką vadiname lęšio kritimo spinduliu?*
10. *Koks simbolis žymi glaudžiamąjį lęšį?*

# I Glaudžiamuoju lęšiu gaunami atvaizdai:

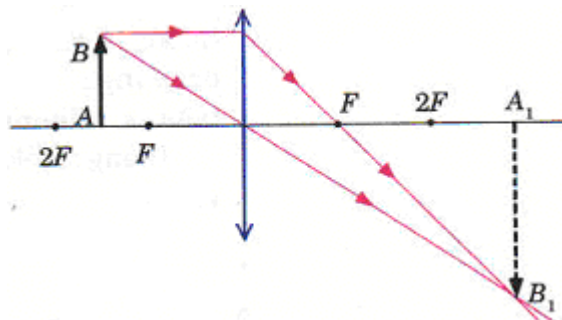
1. Daiktas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu. Šiuo atveju atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje tarp pagrindinio židinio ir taško, nutolusio nuo lęšio dvigubu židinio nuotoliu. Atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas ir sumažintas. Užduotis1



2. Daiktas pastatytas dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio. Daikto atvaizdas gaunamas tikrasis, apverstas, natūralaus dydžio. Atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje dvigubu židinio nuotoliu. Užduotis2

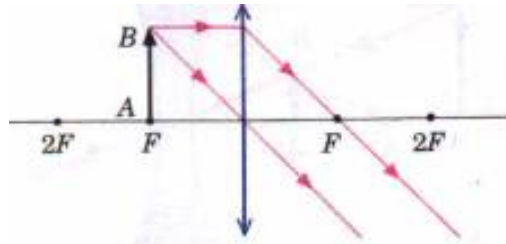


3. Daiktas nutolęs nuo lęšio atstumu, didesniu už židinio nuotolį, bet mažesniu už dvigubą židinio nuotolį. Tikrasis, apverstas ir padidintas jo atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje. Atvaizdas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu. Užduotis3

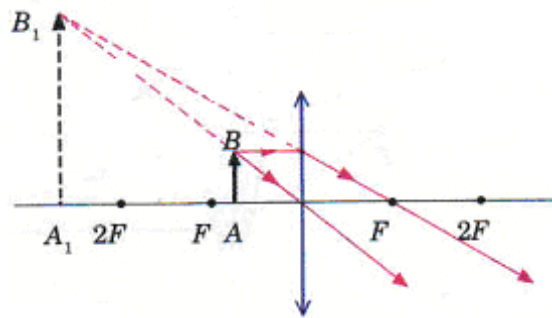




4. Daiktas yra glaudžiamojo lęšio židinyje. Šiuo atveju, iš kiekvieno daikto taško išeinantys spinduliai, lūžę lęšyje, toliau sklinda lygiagrečiu pluoštu. Tikrasis atvaizdas nesusidaro. Užduotis4

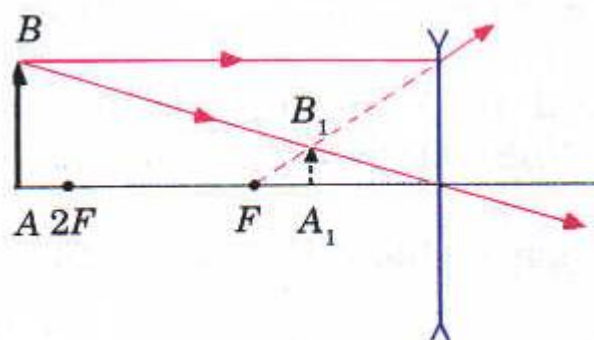


5. Daiktas yra tarp lęšio ir jo židinio. Neapverstas, menamasis ir padidintas jo atvaizdas susidaro toje pačioje lęšio pusėje, kaip daiktas, atstumu, už židinio nuotolį. Užduotis5

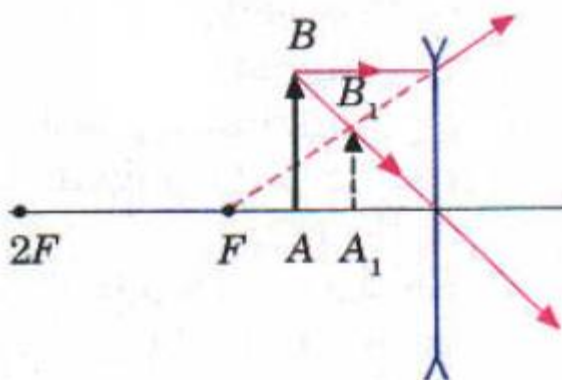


## II Sklaidomuoju lęšiu sudaromi atvaizdai:

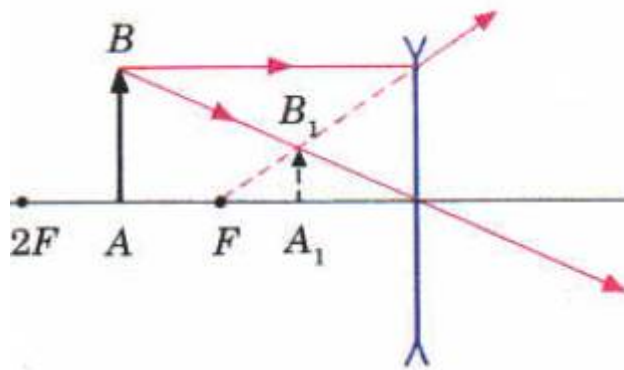
1. Daiktas yra didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio. Jo atvaizdas susidaro tarp pagrindinio židinio ir lęšio toje pačioje pusėje, kaip ir daiktas. Atvaizdas susidaro menamas, sumažintas ir neapverstas. Užduotis6



2. Daiktas yra tarp lęšio ir jo židinio. Atvaizdas susidaro tarp pagrindinio židinio ir lęšio toje pačioje pusėje, kaip ir daiktas. Jis menamas, sumažintas ir neapverstas. Užduotis7

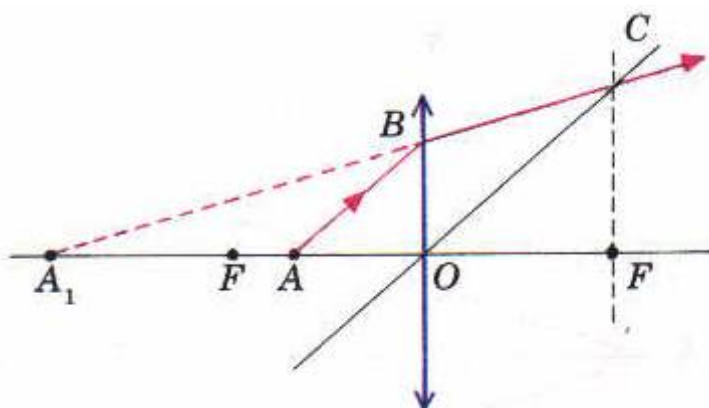


3. Daiktas nutolęs nuo lęšio atstumu didesniu už židinio nuotolį, bet mažesniu už dvigubą židinio nuotolį. Atvaizdas susidaro tarp pagrindinio židinio ir lęšio toje pačioje pusėje, kaip ir daiktas. Atvaizdas susidaro menamas, sumažintas ir neapverstas. Užduotis8

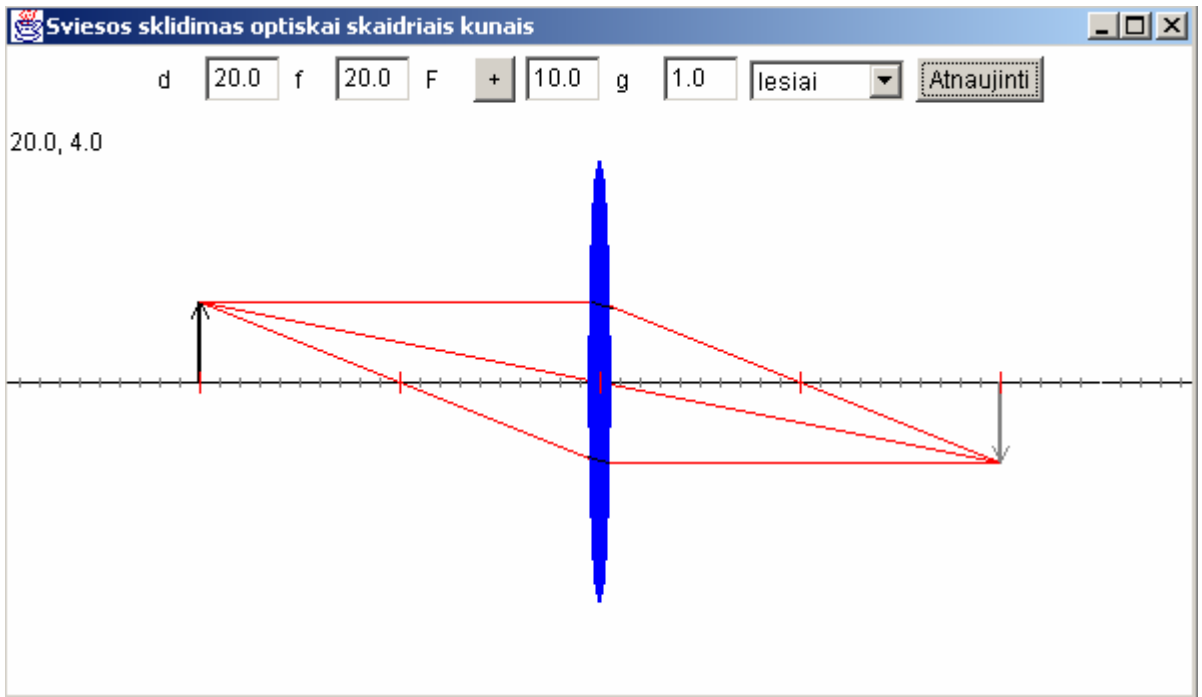


### III Pagrindinėje optinėje ašyje esančio taško atvaizdas.

Gauti taško esančio pagrindinėje optinėje ašyje atvaizdai reikia nubrėžti šalutinę optinę ašį OC, lygiagrečią su bet koku kitu į lęšį krintančiu spinduliu AB. Atvaizdas gaunamas menamas.



9 priedas. Programa „Modelis“ sukurta Java programavimo kalba



10 priedas. Programa „Modelis“ sukurta Visual Basic programavimo kalba

